

8-88-8
A313.033

HARVARD UNIVERSITY.



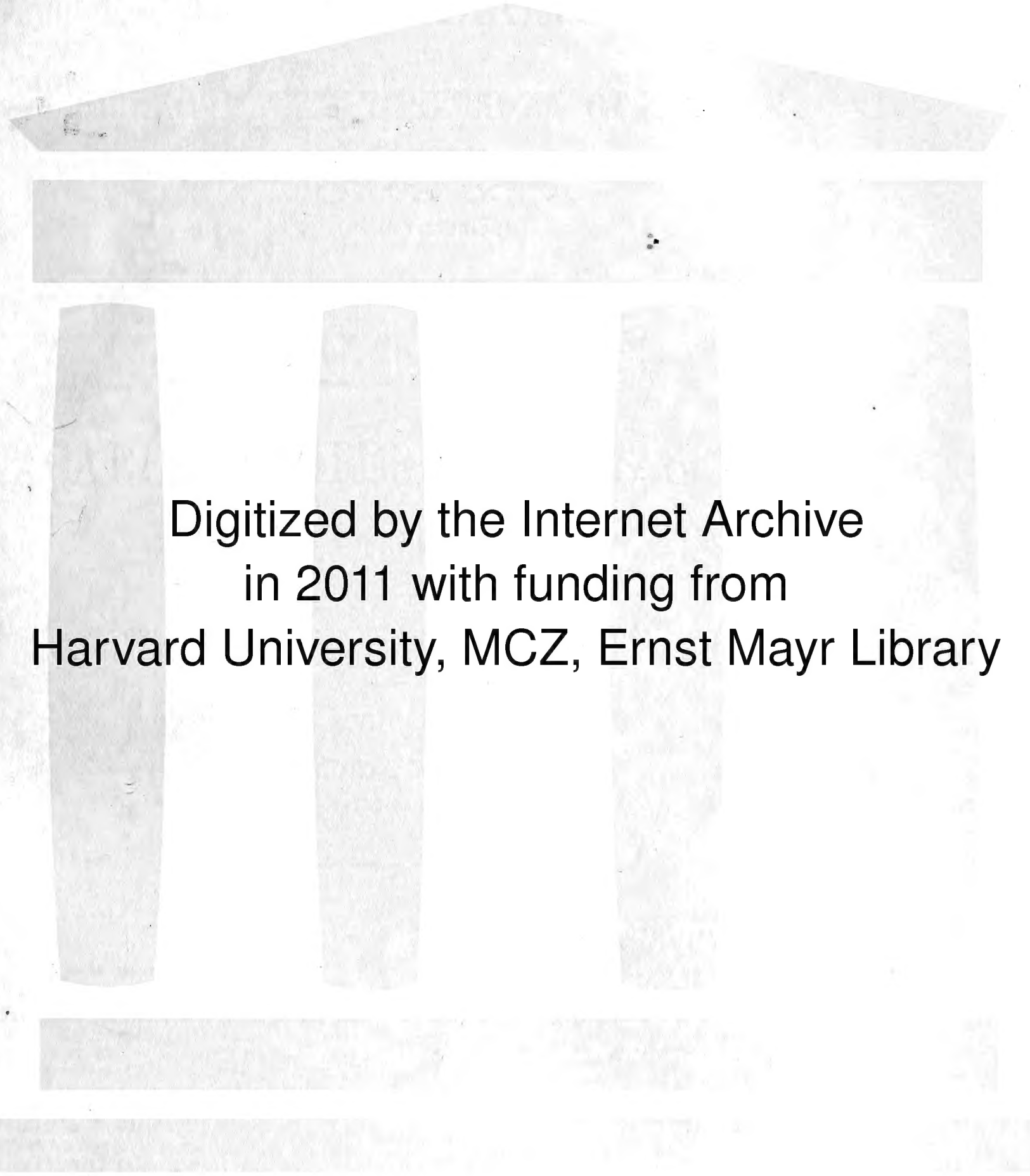
LIBRARY

OF THE

MUSEUM OF COMPARATIVE ZOÖLOGY

13373

*Exchange
and
Harvard College Library
November 20, 1905 - April 30, 1929.*



Digitized by the Internet Archive
in 2011 with funding from
Harvard University, MCZ, Ernst Mayr Library

ЗАПИСКИ
ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ НАУКЪ
ПО
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОТДѢЛЕНІЮ.

ТОМЪ XIV.
(СЪ 46 ТАБЛИЦАМИ).

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES
DE
ST.-PÉTERSBOURG.

CLASSE DES SCIENCES PHYSIQUES ET MATHÉMATIQUES.

VIII^e SÉRIE.
TOME XIV.
(AVEC 46 PLANCHES).

С.-ПЕТЕРБУРГЪ. 1904. ST.-PÉTERSBOURG.

Продается у комиссіонеровъ Императорской Академіи Наукъ:

И. И. Глазунова, М. Эггера и Комп. и К. Л. Риккера въ С.-Петербургѣ,
Н. П. Карбасникова въ С.-Петербургѣ, Москвѣ, Варшавѣ и Вильнѣ,
Н. Я. Оглоблина въ С.-Петербургѣ и Кіевѣ,
М. В. Клюкина въ Москвѣ,
Е. П. Распопова въ Одессѣ,
Н. Киммеля въ Ригѣ,
Фоссъ (Г. Гэссель) въ Лейпцигѣ,
Люзакъ и Комп. въ Лондонѣ.

Commissionnaires de l'Académie IMPÉRIALE des Sciences:

J. Glasounof, M. Eggers & Cie. et C. Ricker à St.-Petersbourg,
N. Karbasnikof à St.-Petersbourg, Moscou, Varsovie et Vilna,
N. Oglobline à St.-Petersbourg et Kief,
M. Klukine à Moscou,
E. Raspopof à Odessa,
N. Kymmel à Riga,
Voss' Sortiment (G. Haessel) à Leipsic,
Luzac & Cie. à Londres.

Цена: 19 руб. = Prix: 47 Mrk. 50 Pf.

LIBRARY
MUSEUM OF COMPARATIVE ZOOLOGY
CAMBRIDGE, MASS.

Напечатано по распоряженію Императорской Академіи Наукъ.
С.-Петербургъ, Февраль 1904 г.

Непремѣнный Секретарь, Академикъ *Н. Дубровинъ*.

ТИПОГРАФІЯ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ НАУКЪ.

Вас. Остр., 9 лив., 12.

1904
2-1-9

СОДЕРЖАНИЕ XIV ТОМА. — TABLE DES MATIÈRES DU TOME XIV.

- | | |
|---|--|
| <p>№ 1. Е. С. Федоровъ. О мезосферическихъ многогранникахъ. (Съ 10 таблицами). 1903. 40 страницъ.</p> <p>№ 2. Е. С. Федоровъ. Критическій пересмотръ формъ кристалловъ минеральнаго царства. (Матеріалы по молекулярной статикѣ однородныхъ твердыхъ тѣлъ). Съ 3 фигурами въ текстѣ и 5 таблицами. 1903. 148 страницъ.</p> <p>№ 3. Е. С. Федоровъ. Горныя породы Кедабека. (Съ тремя таблицами). 1903. 48 страницъ.</p> <p>№ 4. Ф. В. Овсянниковъ. О строеніи спинного и продолговатаго мозговъ рѣчной миноги. (Съ 1 таблицей). 1903. 32 страницы.</p> <p>№ 5. И. Сикора. Наблюденія надъ сѣвернымъ сіяніемъ, произведенныя во время зимовки въ 1899/1900 г. русской экспедиціи въ Константиновкѣ на Шпицбергенѣ. (Съ 7 таблицами). 1903. 49 страницъ.</p> <p>№ 6. И. Канонниковъ. Объ истинной плотности химическихъ соединений и ея отношеніяхъ къ ихъ составу и строенію. 1903. 184 страницы.</p> <p>№ 7. А. Ляпуновъ. Изысканія въ теоріи фигуры небесныхъ тѣлъ. 1903. 37 страницъ.</p> <p>№ 8. А. С. Догель. Концевые нервные аппараты въ кожѣ человѣка. (Съ 11 таблицами). 1903. 54 страницы.</p> <p>№ 9. С. Давыдовъ. Hydroctena Salenskii. (Съ 1 таблицей). 1903. 17 страницъ.</p> <p>№ 10. Ф. Шмидтъ. Обзорѣніе восточно-балтійскихъ силурійскихъ трилобитовъ. Отдѣлъ V. Выпускъ III. (Съ 8 таблицами). 1904. 68 страницъ.</p> | <p>№ 1. E. Fédoroff. Sur les polyèdres mésosphériques. (Avec 10 planches). 1903. 40 pages.
<i>not numbered</i></p> <p>№ 2. E. Fédoroff. Revue critique des formes des cristaux du règne minéral. (Matériaux pour la statique moléculaire des corps solides homogènes). Avec 3 figures en texte et 5 planches. 1903. 148 pages.</p> <p>№ 3. E. Fédoroff. Les roches de Kédabék. (Avec 3 planches). 1903. 48 pages. 57</p> <p>№ 4. Ph. Owsjannikow. Das Rückenmark und das verlängerte Mark des Neunauges. (Mit 1 Tafel). 1903. 32 Seiten.</p> <p>№ 5. J. Sykora. Observations sur l'aurore boréale effectuées pendant l'hivernage en 1899/1900 de l'Expédition Russe à Konstantinowka, Spitzberg. II. Observations directes et photographies des aurores boréales. (Avec 7 planches). 1903. 49 pag.</p> <p>№ 6. I. Kanonnikoff. De la véritable densité des combinaisons chimiques et de son rapport avec la composition et la structure de ces combinaisons. 1903. 184 pages.</p> <p>№ 7. A. Liapounoff. Recherches dans la théorie de la figure des corps célestes. 1903. 37 pages.</p> <p>№ 8. A. Doguel. Les appareils nerveux dans la peau de l'homme. (Avec 11 planches). 1903. 54 pages.</p> <p>№ 9. C. Dawydoff. Hydroctena Salenskii. (Avec une planche). 1903. 17 pages.</p> <p>№ 10. Fr. Schmidt. Revision der ostbaltischen silurischen Trilobiten. Abtheilung V. Asaphiden. Lieferung III. (Mit 8 Tafeln). 1904. 68 Seiten.
<i>+ pp. 47-48</i></p> |
|---|--|

13.373

ЗАПИСКИ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.
MÉMOIRES
DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG.
VIII^e SÉRIE.

ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОТДѢЛЕНІЮ.
Томъ XIV. № 1.

CLASSE PHYSICO-MATHÉMATIQUE.
Volume XIV. № 1.

О МЕЗОСФЕРИЧЕСКИХЪ МНОГОГРАННИКАХЪ.

Е. С. Федорова.

СЪ ДЕСЯТЬЮ ТАБЛИЦАМИ.

(Доложено въ засѣданіи Физико-Математическаго Отдѣленія 24 апрѣля 1902 г.)

С.-ПЕТЕРБУРГЪ. 1903. ST.-PÉTERSBOURG.

Продается у комиссіонеровъ Императорской
Академіи Наукъ:

Н. П. Глазунова, М. Эггера и Комп. и К. Л. Риккера
въ С.-Петербургѣ,
Н. П. Карбасникова въ С.-Петерб., Москвѣ, Варшавѣ
и Вильнѣ,
Н. Я. Оглоблина въ С.-Петербургѣ и Кіевѣ,
М. В. Клюкина въ Москвѣ,
Е. П. Распопова въ Одессѣ,
Н. Киммеля въ Ригѣ,
Фоссъ (Г. Гэссель) въ Лейпцигѣ,
Люзакъ и Комп. въ Лондонѣ.

Commissionnaires de l'Académie IMPÉRIALE des
Sciences:

J. Glasounof, M. Eggers & Cie. et G. Ricker à St.-Péters-
bourg,
N. Karbasnikof à St.-Pétersbourg, Moscou, Varsovie et
Vilna,
N. Oglobline à St.-Pétersbourg et Kief,
M. Klukine à Moscou,
E. Raspopof à Odessa,
N. Kymmel à Riga,
Voss' Sortiment (G. Haessel) à Leipsic,
Luzac & Cie. à Londres.

Цѣна: 1 р. 60 к. — Prix: 4 Mk.

LIBRARY
UNIVERSITY OF MICHIGAN
ANN ARBOR, MICHIGAN

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARY

ЗАПИСКИ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.
MÉMOIRES
DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG.
VIII^e SÉRIE.

ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОТДѢЛЕНІЮ.

Томъ XIV. № 1.

CLASSE PHYSICO-MATHÉMATIQUE.

Volume XIV. № 1.

О МЕЗОСФЕРИЧЕСКИХЪ МНОГОГРАННИКАХЪ.

Е. С. Федорова.

СЪ ДЕСЯТЬЮ ТАБЛИЦАМИ.

(Доложено въ засѣданіи Физико-Математическаго Отдѣленія 24 апрѣля 1902 г.)

С.-ПЕТЕРБУРГЪ. 1903. ST.-PÉTERSBOURG.

Продается у комиссіонеровъ Императорской
Академіи Наукъ:

И. И. Глазунова, М. Эггерса и Комп. и К. Л. Риккера
въ С.-Петербургѣ,
Н. П. Карбасникова въ С.-Петерб., Москвѣ, Варшавѣ
и Вильнѣ,
Н. Я. Оглоблина въ С.-Петербургѣ и Кіевѣ,
М. В. Ключкина въ Москвѣ,
Е. П. Распопова въ Одессѣ,
Н. Киммеля въ Ригѣ,
Фоссъ (Г. Гэссель) въ Лейпцигѣ,
Люзакъ и Комп. въ Лондонѣ.

Commissionnaires de l'Académie IMPÉRIALE des
Sciences:

J. Glasounof, M. Eggers & Cie. et C. Ricker à St.-Péters-
bourg,
N. Karbasnikof à St.-Pétersbourg, Moscou, Varsovie et
Vilna,
N. Oglobline à St.-Pétersbourg et Kief,
M. Klukine à Moscou,
E. Raspopof à Odessa,
N. Kummel à Riga,
Voss' Sortiment (G. Haessel) à Leipsic,
Luzac & Cie. à Londres.

Цена: 1 р. 60 к. — Prix: 4 Mk.

Напечатано по распоряженію Императорской Академіи Наукъ.
С.-Петербургъ, Мартъ 1903 года.

Непремѣнный Секретарь, Академикъ *Н. Дубровинъ*.

ТИПОГРАФІЯ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ НАУКЪ.
Вас. Остр., 9 лин., № 12.

О МЕЗОСФЕРИЧЕСКИХЪ МНОГОГРАННИКАХЪ¹⁾.

Многогранникъ, въ коемъ можно вписать шаръ, называется *типическимъ*²⁾.

Многогранникъ, который можно вписать въ шаръ, называется *подтипическимъ*³⁾.

Мезосферическимъ называется многогранникъ, который одновременно можно описать около шара и вписать въ шаръ концентрической. Такой многогранникъ будетъ, слѣдовательно, одновременно и типическій и подтипическій.

Аналогичныя опредѣленія можно ввести и для плоскихъ фигуръ и обозначить названіемъ *мезоциклическихъ многоугольниковъ* такіе, которые одновременно могутъ быть описаны около круга и вписаны въ концентрической съ нимъ кругъ.

На этомъ примѣрѣ въ высшей степени рѣзко проявится усложненіе при переходѣ отъ вопросовъ геометріи двухъ къ вопросамъ геометріи трехъ измѣреній.

Какіе существуютъ мезоциклическіе многоугольники?

Если даны два концентрическіе круга съ радіусами R и r , то, исходя изъ какой-нибудь точки A (фиг. 1), мы непосредственно получаемъ стороны искомаго многоугольника, если проведемъ изъ A прямую AB , касательную къ внутреннему кругу, изъ B проведемъ другую касательную и т. д. Ясно, что *всѣ стороны мезоциклическаго многоугольника равны между собою*.

1) Эта статья извлечена изъ старыхъ рукописей автора; она была въ свое время (1892) представлена въ Императорскую С.-Петербургскую Академію. При новомъ пересмотрѣ она дополнена второю частью.

Зап. Физ.-Мат. Отд.

2) Начала ученія о фигурахъ § 19. Въ виду частыхъ ссылокъ на это сочиненіе она въ дальнѣйшемъ отмѣчается буквами Н. У. Ф.

3) Н. У. Ф. § 20.

Также ясно, что и *всѣ внутренніе углы этого многоугольника равны между собою*; каждый такой уголъ напр. при вершинѣ A опредѣлится двумя касательными AB и AC , а эти касательныя есть равныя хорды.

Слѣдовательно, *мезоциклическими многоугольниками могутъ быть только многоугольники правильные*.

Каждому правильному многоугольнику (если не будемъ распространять нашихъ выводовъ на многоугольники высшихъ степеней или такъ называемыхъ звѣздчатыхъ ¹⁾) соотвѣтствуетъ опредѣленное отношеніе между радіусами R и r описаннаго и вписаннаго круговъ. Этими замѣчаніями исчерпывается весь выводъ мезоциклическихъ многоугольниковъ.

Въ основѣ вывода мезосферическихъ многогранниковъ находятся двѣ слѣдующія теоремы:

1) *Если существуетъ многогранникъ вписанный въ шаръ съ радіусомъ R и описанный около концентрическаго шара съ радіусомъ r , то существуетъ и другой мезосферическій многогранникъ, также вписанный въ первый шаръ и описанный около второго. Точки касанія къ внутреннему шару находятся на одномъ радіусѣ съ соответствующими вершинами другого ²⁾.*

По этой причинѣ число и наименованіе граней одного изъ нихъ одинаково съ числомъ и наименованіемъ соотвѣтствующихъ гоноэдровъ другого.

Если означимъ соотвѣтственно число граней, вершинъ и реберъ одного чрезъ f , n и r , а другого чрезъ f' , n' и r' , то по теоремѣ Эйлера

$$f + n = r + 2 \quad \text{и} \quad f' + n' = r' + 2$$

а такъ какъ, по только что приведенной теоремѣ, $f = n'$ и $f' = n$, то $r = r'$ то есть *число реберъ одинаково въ обоихъ сопряженныхъ мезосферическихъ многогранникахъ*.

Будемъ разсматривать оба мезосферическіе многогранника совмѣстно, и опустимъ изъ общаго центра обоихъ шаровъ перпендикуляры на всѣ грани обоихъ многогранниковъ. Эти перпендикуляры пройдутъ чрезъ точки касанія граней одного и вершины другого сопряженнаго многогранника. Каждая грань каждаго изъ этихъ многогранниковъ есть многоугольникъ, вписанный въ кругъ, а радіусы всѣхъ соотвѣтственныхъ круговъ обоихъ многогранниковъ равны между собою. Каждой такой грани соотвѣтствуетъ вершина сопряженнаго многогранника, находящаяся на перпендикулярѣ къ грани, проведенномъ чрезъ центръ описаннаго круга. Слѣдовательно, если соединимъ эту вершину со всѣми вершинами соотвѣтственнаго многоугольника, то получимъ для всѣхъ такихъ отрѣзковъ равныя величины.

1) Н. У. Ф. § 93.

2) Доказательство этой теоремы приведено въ

статьѣ Un théorème des Eléments d'Euclide etc., напечатанной въ Bulletin des Sciences math., mars 1894.

Если проведемъ чрезъ всѣ такія прямыя діаметральныя плоскости, то на внѣшнемъ и внутреннемъ шарахъ получимъ отрѣзки дугъ большого круга, заключенные между двумя ближайшими вершинами одного и сопряженнаго съ нимъ другого многогранника. И всѣ эти отрѣзки на протяженіи всей сферы будутъ равны между собою.

Если соединимъ два конца (вершины) одного какого либо ребра съ вершинами сопряженныхъ многогранниковъ, соотвѣтствующими тѣмъ двумъ гранямъ перваго, которыя пересѣкаются во взятомъ ребрѣ, то получимъ на сферѣ четыре равныхъ сферическихъ отрѣзка, ограничивающихъ сферическій ромбъ. Каждый такой ромбъ соотвѣтствуетъ определенному ребру одного и сопряженному ребру другого многогранника. Если назовемъ такой ромбъ *элементарнымъ сферическимъ ромбомъ*, то вторую теорему можемъ выразить такъ:

2) *Каждой парѣ сопряженныхъ мезосферическихъ многогранниковъ принадлежитъ определенное раздѣленіе всей сферы на элементарные сферическіе ромбы.*

Во всѣхъ случаяхъ число этихъ ромбовъ равно числу реберъ каждого изъ сопряженныхъ многогранниковъ.

Соотвѣтственныя ребра этихъ двухъ многогранниковъ будутъ прямыя, соединяющія противоположныя вершины сферическихъ ромбовъ. Прямые эти, хотя вообще и не находятся въ одной плоскости, но всегда перпендикулярны другъ къ другу. Такъ какъ каждая изъ нихъ соединяетъ вершины одного и того же многогранника, то въ каждомъ сферическомъ ромбѣ мы различаемъ двѣ пары противоположныхъ вершинъ, какъ вершинъ разнаго рода: одна пара будетъ относиться къ вершинамъ одного, а другая къ вершинамъ сопряженнаго многогранника. Имѣя, слѣдовательно, предъ собою полное дѣленіе сферы на сферическіе ромбы, мы легко различимъ на сферѣ всю совокупность вершинъ одного отъ совокупности вершинъ другого многогранника, а вмѣстѣ съ тѣмъ по ромбамъ опредѣлятся и сами многогранники.

Поэтому для полнаго опредѣленія какой-нибудь пары сопряженныхъ мезосферическихъ многогранниковъ достаточно имѣть соотвѣтственное раздѣленіе сферы на элементарные ромбы.

Это раздѣленіе можетъ быть весьма многообразное, и сейчасъ мы не можемъ задаваться полнымъ ихъ выводомъ; но мы можемъ ограничить этотъ вопросъ и сдѣлать выводъ всѣхъ мезосферическихъ изоэдровъ и изогоновъ.

Если одинъ изъ мезосферическихъ многогранниковъ пары есть изоэдръ, то сопряженный съ нимъ есть изогонъ, и обратно.

Въ самомъ дѣлѣ, если возьмемъ одну грань мезосферическаго изоэдра, то для построения соотвѣтственнаго гонэдра сопряженнаго многогранника намъ нужно въ точкахъ пересѣченія радіусовъ, проходящихъ чрезъ вершины, съ внутреннимъ шаромъ провести къ послѣднему касательныя плоскости. Такъ какъ при этомъ единообразномъ построеніи соотвѣтственно каждой равной или симметричной грани мы получимъ и равный или симметричный гонэдръ того же наименованія, то и вообще всѣмъ равнымъ и симметричнымъ гранямъ

изоэдра будутъ соотвѣтствовать равные или симметричныя гоноэдры сопряженнаго многогранника. Слѣдовательно, это будетъ изогонъ ¹⁾).

Путемъ обратнаго построенія, исходя изъ мезосферическаго изогона, мы докажемъ, что сопряженный съ нимъ многогранникъ есть изоэдръ.

Изъ ученія о симметріи извѣстно, что каждому типическому изоэдру и сопряженному съ нимъ изогону принадлежитъ опредѣленная совокупность элементовъ симметріи: каждый таковой относится къ опредѣленному виду симметріи. Такъ какъ мезосферическіе изоэдры и изогоны могутъ представлять лишь частные случаи первыхъ, то и каждый таковой долженъ относиться къ опредѣленному виду симметріи т. е. характеризоваться опредѣленными элементами симметріи.

Всѣ вообще мезосферическіе изоэдры и изогоны есть многогранники симметрическіе. Сфера, раздѣленная соответственно на ромбы представитъ геометрическій образъ, характеризующійся тою же совокупностью элементовъ симметріи, что и многогранники.

Обратно, каждому виду симметріи принадлежитъ бесконечно большое число типическихъ изоэдровъ и подтипическихъ изогоновъ. Теперь намъ предлежитъ задача опредѣлить, имѣется ли посреди этой бесконечности одинъ или рядъ многогранниковъ мезосферическихъ.

Нѣсколько нагляднѣе исходить при этомъ изъ типическихъ изоэдровъ.

Между ними, по теоріи симметріи, нужно различить три разряда: 1) тригональные (съ трехугольными гранями), 2) тетрагональные и 3) пентагональные, такъ какъ тѣ изъ типическихъ изоэдровъ, которые представлены изолированными плоскостями или вообще открытыми формами къ мезосферическимъ относимы быть не могутъ и нашему теперешнему обсужденію не подлежатъ.

Между тригональными изоэдрами нужно различать такіе, которымъ соотвѣтствуетъ одно и то же постоянное раздѣленіе сферы на трехугольники, или такіе, для которыхъ это раздѣленіе мѣняется вмѣстѣ съ точками касанія граней.

Въ первомъ изъ этихъ случаевъ можетъ существовать только одинъ мезосферическій изоэдръ: для него точки касанія граней опредѣляются центромъ сферическаго круга (малаго), описаннаго около треугольника. Возможность существованія этого изоэдра зависитъ отъ того, будетъ ли находиться этотъ центръ внутри сферическаго треугольника или нѣтъ: въ послѣднемъ предположеніи мезосферическій изоэдръ не былъ бы изоэдромъ первой степени, а мы въ теперешнемъ разсмотрѣніи ограничимся только этимъ случаемъ. Въ частномъ случаѣ, если бы этотъ центръ попалъ на сторону треугольника, то два треугольника съ этою общою стороною слились бы въ одинъ четырехугольникъ, и соотвѣтствующій мезосферическій изоэдръ былъ бы уже тетрагональнымъ.

Вопросъ о возможности легко разрѣшается, если мы знаемъ всѣ три угла A , B и C

1) Впрочемъ, доказательство этой теоремы приведено уже въ Н. У. Ф. § 20.

(фиг. 2) трехугольника. Если O^1) точка касанія грани, то площадь трехугольника раздѣляется на три части OBC , OCA и OAB , представляющія равнобедренные сферическіе трехугольники съ углами a , b , c ; эти три послѣдніе угла легко вычисляются по даннымъ тремъ первымъ, а эти углы всегда извѣстны. Если всѣ углы a , b , c получаютъ положительное значеніе, то мезосферическій изоэдръ существуетъ, если одинъ изъ этихъ угловъ ноль, то существуетъ тетрагональный изоэдръ, а полученіе отрицательнаго рѣшенія будетъ служить доказательствомъ невозможности.

Если раздѣленіе сферы на трехугольники измѣняется съ положеніемъ точекъ касанія, то мыслимо существованіе ряда мезосферическихъ изоэдровъ, и останется опредѣлить границы этого ряда.

Тетрагональнымъ типическимъ изоэдрамъ всегда вообще соотвѣтствуютъ переменныя раздѣленія сферы на равные четырехугольники, если не считать особыхъ частныхъ случаевъ, о которыхъ ниже упомянуто особо.

Законъ перемѣнности выражается такъ (фиг. 3): имѣются три постоянныя точки на сферѣ, B и C , соотвѣтствующіе двойнымъ осями симметріи, и A , соотвѣтствующая оси симметріи высшаго наименованія. По этой причинѣ $AD = AE$, $BD = BF$, $CF = CE$. Выбравъ произвольную точку касанія O , мы вращаемъ постоянный уголъ EAD около A , пока равнодѣлящая не пройдетъ чрезъ взятую точку, а дуги DF и EF вращаемъ соотвѣтственно около B и C , пока перпендикулярныя къ нимъ сферическія прямыя (позволимъ себѣ впредь такъ называть дуги большого круга на сферѣ) BO и CO тоже не пройдутъ чрезъ ту же точку. Этимъ построеніемъ опредѣлится форма четырехугольника, соотвѣтствующаго произвольно избранной точкѣ касанія; при этомъ величина площади сферическаго четырехугольника и упомянутыя равенства сохраняютъ свое значеніе²⁾.

Если данной точкѣ касанія O соотвѣтствуетъ мезосферическій изоэдръ, то должно существовать: $AO = DO = FO = EO$. Изъ этихъ равенствъ, въ свою очередь, слѣдуетъ рядъ равенствъ угловъ между сторонами и прямыми, соединяющими точку O съ вершинами того же четырехугольника. Соотвѣтственно равные углы означены на фиг. 3 одинаковыми буквами a , b , c . Такъ какъ напередъ данными величинами, опредѣляющими внутренніе углы четырехугольника, являются всего двѣ, а именно $A = 2a$, зависящая отъ наименованія оси симметріи, проходящей чрезъ точку A и сумма всѣхъ внутреннихъ угловъ, зависящая отъ величины площади четырехугольника то есть отъ числа граней, то является неопредѣленность. Другими словами, изъ двухъ угловъ b и c одинъ можетъ быть въ извѣстныхъ предѣлахъ заданъ произвольно, и тогда однозначно опредѣляется и величина другого изъ нихъ. Но такъ какъ неопредѣленность возникаетъ отъ избытка неизвѣстныхъ на одну единицу, то число рѣшеній получается безконечнымъ перваго, а не второго порядка,

1) Эта буква пропущена на фигурахъ 2 и 3.

2) Доказательство предполагающихъ здѣсь теоремъ заключается въ Н. У. Ф. въ отдѣлѣ III. Напр.

спеціально касающаяся этого случая теорема находится въ § 48 и т. д.

то есть: *точки касанія мезосферическихъ тетрагональныхъ изоэдровъ образуютъ на сферѣ нѣкоторый линейный отрѣзокъ, но не занимаютъ части площади.*

Въ видѣ исключенія для діакись-додекаэдрическаго вида симметріи является также построение четырехугольниковъ: двѣ постоянныя точки A и B (фиг. 4) соотвѣтствуютъ двойной и тройной оси симметріи; AC и AD постоянныя взаимно-перпендикулярныя плоскости симметріи; уголъ CBD равенъ $\frac{4d}{3}$ (d обозначаетъ прямой уголъ). Выбравъ произвольно точку касанія O , вращаемъ уголъ CBD около B , пока равнодѣлящая не пройдетъ чрезъ O . Пусть точка O соотвѣтствуетъ центру описаннаго круга; въ такомъ случаѣ $OA = OC = OB = OD$; получится сумма внутреннихъ угловъ четырехугольника.

$$2a + 2c + 4b = 2(a+c) + 4b = 2d + \frac{8d}{3} = \frac{14d}{3},$$

между тѣмъ какъ истинная постоянная сумма внутреннихъ угловъ есть $2\left(\frac{4d}{24} + 2d\right) = \frac{13d}{3}$.

Итакъ, ни одинъ изъ четырехгранныхъ изоэдровъ діакись-додекаэдрическаго вида симметріи, не есть мезосферическій.

Всѣмъ пентагональнымъ изоэдрамъ принадлежитъ переменное раздѣленіе сферы по слѣдующему закону. Имѣется три постоянныя точки A , B и C , изъ которыхъ послѣдней соотвѣтствуетъ двойная ось симметріи, а двумъ первымъ — оси симметріи высшаго наименованія (фиг. 5). Взявъ произвольную точку O за точку касанія, получимъ соотвѣтствующій пятиугольникъ, если одновременно такъ повернемъ углы DAE около A , DBF около B , чтобы равнодѣлящія AO и BO прошли чрезъ эту точку, а дугу EF повернемъ около C такъ, чтобы перпендикулярная къ ней прямая CO прошла чрезъ ту же точку.

Если взятая точка соотвѣтствуетъ точкѣ касанія мезосферическаго изоэдра то есть центру круга, описаннаго около его грани, то $OA = OD = OF = OB = OE$. Отсюда $OEA = OAE = OAD = ODA = a$; $ODB = OBD = OBF = OFB = b$; $OEF = OFE = c$.

Въ этомъ случаѣ данными являются три величины: углы A и B , зависящія отъ наименованія соотвѣтственныхъ осей симметріи, и сумма всѣхъ внутреннихъ угловъ, зависящая отъ числа граней. Такъ какъ неизвѣстныхъ тоже три, а именно углы a , b и c , то рѣшеніе для мезосферическаго многогранника получается единичное.

Теперь можемъ перейти къ частнымъ случаямъ то есть отдѣльнымъ видамъ симметріи, которые и переберемъ въ такомъ порядкѣ: сначала рассмотримъ по порядку виды симметріи обѣихъ правильныхъ системъ — кубооктаэдрической и додекаэдро-икосоэдрической, а затѣмъ каждого изъ пяти или семи видовъ симметріи n — гональной системы, гдѣ въ первомъ случаѣ n нечетное, а во второмъ четное число.

А. Система кубооктаэдрическая.

1. Гексакись-октаэдрическая сим.

Общимъ изоэдромъ этого вида симметріи является а) гексакись-октаэдръ, которому соотвѣтствуетъ постоянное раздѣленіе сферы на 48 равныхъ и симметричныхъ трехугольника.

Частными случаями являются б) пирамидальный кубъ, в) пирамидальный октаэдръ, г) триакись-октаэдръ, д) ромбическій додекаэдръ, е) октаэдръ и ж) кубъ.

а) Согласно вышеприведенной теоремѣ находимъ, что можетъ существовать всего одинъ мезосферическій гексакись-октаэдръ, такъ какъ соотвѣтствующее раздѣленіе сферы постоянно.

Чтобы опредѣлить, дѣйствительно ли существуетъ таковой, мы должны принять во вниманіе, что углы сферическаго трехугольника имѣютъ величины (фиг. 2):

$$A = \frac{d}{2}, \quad B = \frac{2d}{3} \quad \text{и} \quad C = d. \quad \text{Отсюда}$$

$$\begin{aligned}
 b + c &= \frac{d}{2} \\
 a + c &= \frac{2d}{3} \quad \text{и значитъ} \quad a = \frac{\begin{vmatrix} d/2 & 1 & 1 \\ 2d/3 & 0 & 1 \\ d & 1 & 0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix}} = \frac{-d/2 + d + 2d/3}{2} = \frac{7d}{12} \\
 a + b &= d \\
 \text{а потому} \quad b &= \frac{5d}{12} \quad \text{и} \quad c = \frac{d}{12}.
 \end{aligned}$$

Мезосферическій гексакись-октаэдръ (и сопряженный съ нимъ притупленный кубо-октаэдръ) дѣйствительно существуетъ; по полученнымъ угламъ легко воспроизвести раздѣленіе сферы на ромбы, что и показано на фиг. 6. Въ этомъ случаѣ $2a = \frac{7d}{6}$, $2b = \frac{5d}{6}$ и $2c = \frac{d}{6}$ есть углы ромбовъ при вершинахъ, соотвѣтствующихъ вершинамъ изоэдровъ (сторона ромбовъ вычисляется $27^\circ 34\frac{1}{2}'$).

б) Согласно той же теоремѣ и въ этомъ случаѣ можно допустить существованіе

всего одного мезосферического изоэдра. Постоянные внутренние углы въ этомъ случаѣ $A = \frac{2d}{3}$, $B = \frac{2d}{3}$, $C = d$, а потому $a = b$ и слѣдовательно

$$a + c = \frac{2d}{3}, \quad 2a = d, \quad \text{откуда } a = \frac{d}{2} \text{ и } c = \frac{d}{6}.$$

Итакъ, дѣйствительно имѣется одинъ мезосферическій пирамидальный кубъ (и сопряженный съ нимъ притупленный октаэдръ). Соответствующее раздѣленіе сферы на ромбы показано на фиг. 7 (сторона ромбовъ вычисляется $36^\circ 13'$).

в) Въ этомъ случаѣ сфера также раздѣлена на трехугольники. Внутренніе углы $A = \frac{d}{2}$, $B = \frac{d}{2}$, $C = \frac{4d}{3}$, а потому $a = b$, и $a + c = \frac{d}{2}$, $2a = \frac{4d}{3}$, откуда $a = \frac{2d}{3}$ и для c получается отрицательное значеніе. Слѣдовательно, мезосферическихъ пирамидальныхъ октаэдровъ (и сопряженныхъ съ ними притупленныхъ кубовъ) не существуетъ.

г) Въ этомъ случаѣ сфера раздѣлена на четырехугольники съ внутренними углами $A = D = E = d$, $F = \frac{4d}{3}$. Отсюда $a = \frac{d}{2}$, $b = c$ и притомъ $b + c = \frac{4d}{3}$ и въ то же время $a + c = d$ и $a + b = d$ то есть $b = c = \frac{d}{2}$; получили невозможность. И такъ, мезосферическихъ триакисъ-октаэдровъ (и сопряженныхъ съ ними кубооктаэдровъ) не существуетъ.

д) Типическій изоэдръ этого случая, ромбическій додекаэдръ, очевидно, не есть мезосферическій многогранникъ: двоякаго рода его вершины находятся на разномъ разстояніи отъ центра.

Это можно вывести и общимъ способомъ. Въ этомъ случаѣ $A = F = d$, $D = E = \frac{4d}{3}$; отсюда $a = \frac{d}{2}$; $b = c$, и въ то же время $a + c = a + b = \frac{4d}{3}$ то есть $b = c = \frac{5d}{6}$ и $b + c = d$.

е) и ж) представляютъ правильные многогранники, и значить одновременно мезосферическіе изоэдры и изогоны. Соответствующее раздѣленіе сферы на ромбы показано на фиг. 8. Въ этомъ случаѣ всѣ ромбы равны между собою, и имѣютъ внутренние углы при двоякаго рода вершинахъ $\frac{4d}{3}$ и d (сторона ромба вычисляется $54^\circ 45'$).

2. Гироздрическая (тетрагонально-пентагонъ-изоэдрическая) сим.

Общимъ изоэдромъ этого вида симметріи является а) тетрагональный пентагонъ-изоэдръ (гироэдръ).

Частные же изоэдры этого вида симметріи тѣ же, что и предыдущаго, а потому особому разсмотрѣнію не подлежатъ.

Принявъ во вниманіе, что въ этомъ случаѣ постоянными углами являются $A = d$ и $B = \frac{4d}{3}$ (фиг. 5) и что сумма всѣхъ внутреннихъ угловъ есть $\frac{19d}{3}$, найдемъ

$$2a = d; \quad 2b = \frac{4d}{3}; \quad 4(a+b) + 2c = \frac{19d}{3} \text{ и слѣдовательно}$$

$$a = \frac{d}{2}; \quad b = \frac{2d}{3}; \quad c = \frac{5d}{6}.$$

Итакъ, мезосферическій тетрагональный пентагонъ-изоэдръ (и сопряженный съ нимъ тетрагональный призмоздръ) дѣйствительно существуетъ. Внутренніе углы сферическихъ пятиугольниковъ будутъ $A = d$, $B = \frac{4d}{3}$, $D = \frac{7d}{3}$, $E = \frac{4d}{3}$, $F = \frac{3d}{2}$.

Соотвѣтствующее раздѣленіе сферы на ромбы показано на фиг. 9.

3. Гексакись-тетраэдрическая сим.

Общимъ изоэдромъ этого вида симметріи является а) гексакись-тетраэдръ съ постояннымъ раздѣленіемъ сферы на трехугольники.

Частными случаями являются б) пирамидальный кубъ, в) тріакись-тетраэдръ, г) пирамидальный тетраэдръ, д) ромбическій додекаэдръ, е) тетраэдръ и ж) кубъ.

Изъ нихъ подлежатъ разсмотрѣнію только а), в), г) и е).

а) Въ этомъ случаѣ раздѣленіе сферы на трехугольники совершенно такое же какъ въ случаѣ пирамидальнаго куба, а потому существующее единственное рѣшеніе тождественно съ мезосферическимъ пирамидальнымъ кубомъ то есть 1 б.). Другими словами, мезосферическихъ гексакись-тетраэдровъ (и сопряженныхъ съ ними притупленныхъ дите-траэдровъ) не существуетъ.

в) Въ этомъ случаѣ раздѣленіе сферы совершенно такое же какъ въ случаѣ ромбическаго додекаэдра. Слѣдовательно, мезосферическихъ тріакись-тетраэдровъ (и сопряженныхъ съ ними кубодите-траэдровъ) не существуетъ.

г) Въ этомъ случаѣ сфера раздѣлена на трехугольники съ внутренними углами $\frac{2d}{3}$, $\frac{2d}{3}$ и $\frac{4d}{3}$. Слѣдовательно $a = b = \frac{2d}{3}$ и $c + a = \frac{2d}{3}$ (фиг. 2); отсюда $c = 0$. Другими словами, въ этомъ случаѣ точка касанія грани мезосферическаго изоэдра находится на сторонѣ трехугольника; два трехугольника сливается въ одинъ и получается тетрагональный изоэдръ.

Итакъ, мезосферическихъ пирамидальныхъ тетраэдровъ (и сопряженныхъ съ ними притупленныхъ тетраэдровъ) не существуетъ.

е) Тетраэдры какъ правильные многогранники представляютъ одновременно мезосферическіе изоэдры и изогоны. Соотвѣтствующее раздѣленіе сферы на ромбы показано на фиг. 10. Въ этомъ случаѣ ромбы становятся квадратами съ внутренними углами $\frac{4d}{3}$. Стороны ромбовъ вычисляются $70^\circ 30'$.

4. Діакись-додекаэдрическая сим.

Общимъ изоэдромъ этого вида симметріи являются а) діакись-додекаэдры съ переменнымъ раздѣленіемъ сферы на четырехугольники. Но выше (стр. 6) было уже показано, что относящихся сюда мезосферическихъ изоэдровъ (а слѣдовательно и сопряженныхъ съ ними косыхъ тетрагоноэдрическихъ притупленныхъ кубооктаэдровъ) не существуетъ.

Частными случаями являются б) пентагональный додекаэдръ, в) пирамидальный октаэдръ, г) тріакись-октаэдръ, д) ромбическій додекаэдръ, е) октаэдръ и ж) кубъ. Подлежитъ разсмотрѣнію только случай б).

Въ этомъ случаѣ $A = B = \frac{4d}{3}$ и кромѣ того $a = b = \frac{d}{3}$. Такъ какъ полная сумма внутреннихъ угловъ есть $\frac{20d}{3}$, то значитъ $c = \frac{2d}{3}$.

Итакъ, единственный относящійся сюда мезосферическій изоэдръ есть правильный додекаэдръ (и сопряженный съ нимъ правильный икосаэдръ).

Соотвѣтственное раздѣленіе сферы на ромбы показано на фиг. 11. Строна ромбовъ вычисляется $37^{\circ} 22\frac{2}{3}'$.

5. Тетартоэдрическая (тригонально-пентагонъ-изоэдрическая) сим.

Общимъ изоэдромъ этого вида симметріи является а) тригональный пентагонъ-изоэдръ (тетартоэдръ) съ переменнымъ раздѣленіемъ сферы на пятиугольники.

Частные же, относящіеся сюда, изоэдры есть б) пентагональный додекаэдръ, в) тріакись-тетраэдръ, г) пирамидальный тетраэдръ, д) ромбическій додекаэдръ, е) тетраэдръ и ж) кубъ.

Разсмотрѣнію подлежитъ только случай а).

Въ этомъ случаѣ мы получаемъ однако для мезосферическаго многогранника совершенно то же, что и для пентагональнаго додекаэдра.

Итакъ, мезосферическихъ тригональныхъ пентагонъ-изоэдровъ (и сопряженныхъ съ ними пентагоноэдрическихъ призмоедровъ) не существуетъ.

Б. Система додекаэдроикосаэдрическая.

1. Гексакись-икосаэдрическая сим.

Общимъ изоэдромъ этого вида симметріи является а) гексакись-икосаэдръ съ постояннымъ раздѣленіемъ сферы на трехугольники.

Частными случаями являются б) пирамидальный додекаэдръ, в) пирамидальный икосаэдръ, г) триакись-икосаэдръ, д) ромбическій триаконтаэдръ, е) икосаэдръ и ж) додекаэдръ.

Два послѣдніе случая уже разсмотрѣны подъ 4а); остаются слѣдующіе:

а) Внутренніе углы трехугольниковъ (фиг. 2): $A = \frac{2d}{5}$; $B = \frac{2d}{3}$, $C = d$.

$$\begin{array}{lcl} \text{Отсюда} & b + c = 2d/5 & \left| \begin{array}{ccc} 2d/5 & 1 & 1 \\ 2d/3 & 0 & 1 \\ d & 1 & 0 \end{array} \right| \\ a & + c = 2d/3 \text{ и значить } a = & \frac{\begin{vmatrix} 2d/5 & 1 & 1 \\ 2d/3 & 0 & 1 \\ d & 1 & 0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix}} = \frac{-\frac{2d}{5} + d + \frac{2d}{3}}{2} = \frac{19d}{30} \\ a + b & = d & \end{array}$$

а потому $b = \frac{11d}{30}$, $c = \frac{d}{30}$.

Итакъ, мезосферическій гексакись-икосаэдръ (и сопряженный съ нимъ притупленный додекаэдро-икосаэдръ) дѣйствительно существуетъ. Соотвѣтствующее раздѣленіе сферы на ромбы показано на фиг. 12. Сторона ромбовъ вычисляется $18^\circ 42\frac{3}{4}'$.

б) Внутренніе углы сферическихъ трехугольниковъ въ этомъ случаѣ (фиг. 2) $A = \frac{2d}{3}$, $B = \frac{2d}{3}$, $C = \frac{4d}{5}$; слѣдовательно $a = b = \frac{2d}{5}$; $c = \frac{4d}{15}$.

Итакъ, мезосферическій пирамидальный додекаэдръ (и сопряженный съ нимъ притупленный икосаэдръ) дѣйствительно существуетъ. Соотвѣтствующее раздѣленіе сферы на ромбы показано на фиг. 13. Сторона ромбовъ вычисляется $22^\circ 41\frac{1}{2}'$.

в) Внутренніе углы сферическихъ трехугольниковъ въ этомъ случаѣ (фиг. 2) $B = A = \frac{2d}{5}$; $C = \frac{4d}{3}$. Отсюда $a = b = \frac{2d}{3}$, а для c получается отрицательная величина.

Итакъ, мезосферическихъ пирамидальныхъ икосаэдровъ (и сопряженныхъ съ ними притупленныхъ додекаэдровъ) не существуетъ.

г) Въ этомъ случаѣ сфера раздѣлена на постоянные четырехугольники съ внутренними углами (фиг. 4) $A = \frac{4d}{5}$, $B = \frac{4d}{3}$, $D = C = d$. Отсюда $a = c = \frac{2d}{5}$, $b = \frac{3d}{5}$ и $2b = \frac{4d}{3}$, что невозможно.

Итакъ, мезосферическихъ триакись-икосаэдровъ (и сопряженныхъ съ ними тетрагоноэдрическихъ додекаэдро-икосаэдровъ) не существуетъ.

д) Въ этомъ случаѣ имѣется единичный типическій изоэдръ, ромбическій триаконтаэдръ, который, очевидно, не есть мезосферическій многогранникъ, такъ какъ вершины тригоноэдровъ и пентагоноэдровъ находятся на разномъ разстояніи отъ центра.

Это сдѣлается яснымъ и изъ соображеній о раздѣленіи сферы на четырехугольники. Въ этомъ случаѣ (фиг. 3) $A = F = \frac{4d}{5}$; $D = E = \frac{4d}{3}$. Отсюда $a = \frac{2d}{5}$; $c = b = \frac{14d}{15}$ и въ то же время $b + c = \frac{4d}{3}$, что невозможно.

Итакъ, ромбическій триаконтаэдръ (и сопряженный съ нимъ додекаэдро-икосаэдръ), дѣйствительно, не есть мезосферическій многогранникъ.

2. Пентагонально-пентагонъ-изоэдрическая сим.

Общимъ изоэдрамъ этого вида симметріи является а) пентагональный пентагонъ-изоэдръ съ переменнымъ раздѣленіемъ сферы на пятиугольники.

Частные же изоэдры будутъ тѣ же, что и для предыдущаго вида симметріи, а потому разсмотрѣнію не подлежатъ.

Но для общаго случая $A = \frac{4d}{5}$, $B = \frac{4d}{3}$, а потому $a = \frac{2d}{5}$, $b = \frac{2d}{3}$; такъ какъ общая сумма внутреннихъ угловъ есть $\frac{92d}{15}$, то $c = \frac{14d}{15}$.

Итакъ, существуетъ мезосферическій пектогональный пентагонъ-изоэдръ (и сопряженный съ нимъ пентагоноэдрический призмоздръ). Его внутренніе углы $A = \frac{4d}{5}$, $B = \frac{4d}{3}$, $D = \frac{16d}{15}$, $E = \frac{2d}{3}$ и $F = \frac{24d}{15}$. Соответствующее раздѣленіе сферы на ромбы показано на фиг. 14.

Теперь перейдемъ къ разсмотрѣнію видовъ симметріи, образующихъ безконечные ряды по системамъ. Ради общности разсмотримъ N —гональную систему, гдѣ N какое-угодно цѣлое число; при этомъ всякій разъ будемъ разсматривать и крайніе случаи, когда N получаетъ наибольшее и наименьшее значеніе.

В. N — гональная система.

1. Ди- N — гонально-бипирамидальная сим.

Общимъ изоэдромъ этого вида симметріи является ди- N —гональная бипирамида съ постояннымъ раздѣленіемъ сферы на трехугольники.

Такъ какъ относящіяся сюда сферическіе трехугольники равнобедренны, то возможность мезосферическаго изоэдра становится очевидною. Это будетъ $2N$ —гональная бипирамида (и сопряженная съ нею $2N$ гональная призма). Число N можетъ быть какое-угодно вплоть до безконечности, но не меньше 2, такъ какъ при $N=1$ получается открытая фигура.

Ясно, что при $N = \infty$ мезосферическій изоэдръ будетъ биконусъ, имѣющій наклонъ направляющихъ къ оси вращенія $d/2$, а сопряженный изогонъ есть особый цилиндръ съ наименьшею величиною поверхности.

Соотвѣтствующее раздѣленіе сферы на ромбы получится въ видѣ трехъ слоевъ; два слоя косыхъ граней изоэдра пересекаются въ противоположныхъ вершинахъ, находящихся на оси симметріи наименованія $2N$, а чрезъ средину средняго слоя, а именно чрезъ короткія діагонали ромбовъ пройдетъ плоскость симметріи, перпендикулярная къ оси симметріи.

При $N = 2$ изоэдръ есть ромбическая бипирамида, но соотвѣтствующій мезосферическій изоэдръ есть октаэдръ (сопряженный ромбической бипирамидѣ есть прямоугольный параллелепипедъ, но мезосферическій членъ этого ряда есть кубъ).

Частными изоэдрами, которые не были бы открытыми фигурами, являются N гональные бипирамиды, существенно отличающіяся тѣмъ, что соотвѣтствующія имъ точки касанія находятся въ вертикальныхъ плоскостяхъ симметріи.

Ясно, что и посреди этихъ частныхъ рѣшеній всегда присутствуетъ одинъ мезосферическій изоэдръ (и сопряженная съ нимъ N —гональная призма). Онъ отличается отъ $2N$ —гональнаго изоэдра только вдвое меньшимъ наименованіемъ то есть числомъ граней—равнобедренныхъ треугольниковъ.

2. Ди- N — гонально-пирамидальная сим.

Такъ какъ относящіеся сюда типическіе изоэдры представляютъ открытыя фигуры, то соотвѣтствующихъ мезосферическихъ изоэдровъ и изогоновъ не существуетъ.

3. N — гонально-трапецоэдрическая сим.

Общимъ изоэдромъ этого вида симметріи является N —гональный трапецоэдръ съ переменнымъ раздѣленіемъ сферы на четырехугольники. Въ этомъ случаѣ (фиг. 3) $A = \frac{4d}{N}$ и слѣдовательно $a = \frac{2d}{N}$, а общая сумма внутреннихъ угловъ $4d \frac{N+1}{N}$; поэтому $b + c = 2d \frac{N-1}{N}$. Отсюда заключаемъ, что всегда существуетъ рядъ относящихся сюда мезосферическихъ изоэдровъ (и сопряженныхъ съ ними косыхъ призматидовъ).

Въ этомъ случаѣ N не можетъ быть меньше 3, такъ какъ при $N = 2$ получается четырехгранникъ и слѣдовательно изоэдръ, ограниченный треугольниками (сфеноэдръ). Этотъ случай долженъ быть рассмотрѣнъ особо.

Въ этомъ особомъ случаѣ имѣются три постоянныя точки A , B и C , соотвѣтствующія тремъ взаимно-перпендикулярнымъ двойнымъ осямъ симметріи (то есть $AB = BC = CA = d$). Ясно, что какую бы точку O мы ни взяли внутри тригоноэдра ABC , всегда получимъ нѣкоторый треугольникъ, соотвѣтствующій мезосферическому изоэдру.

Итакъ, существуетъ безконечно большое число второго порядка мезосферическихъ сфеноэдровъ, которые одновременно представляютъ и изоэдры и изогоны. Рассмотрѣнный выше (А 3e) случай тетраэдровъ есть лишь весьма частный случай.

Это единственный примѣръ совокупности мезосферическихъ изоэдровъ и изогоновъ, состоящей изъ безконечно большого числа второго порядка членовъ.

Мы можемъ пояснить образованіе только-что рассмотрѣнныхъ совокупностей мезосферическихъ сфеноэдровъ слѣдующимъ образомъ:

1) Проведемъ въ шарѣ произвольную хорду и чрезъ ея средину діаметръ; чрезъ точку на этомъ діаметрѣ, равноудаленную отъ центра, проведемъ другую хорду, параллельную первой, и будемъ эту вторую вращать около діаметра. Двѣ пары концовъ этихъ двухъ хордъ опредѣляютъ вершины мезосферическаго сфеноэдра; а такъ какъ первая хорда можетъ быть взята произвольной длины въ предѣлахъ отъ нуля до діаметра и такъ какъ вторую можно повернуть на произвольный уголъ, то ясно, что таковыхъ сфеноэдровъ безконечно большое число второго порядка.

2) Мы можемъ взять произвольный прямоугольный параллелепипедъ съ постоянною одною совокупностью реберъ и произвольно мѣнять длины двухъ другихъ совокупностей. Получимъ безконечно-большое число второго порядка прямоугольныхъ параллелепипедовъ, и каждый изъ нихъ можетъ быть вписанъ въ шаръ. Взявъ двѣ непараллельныя (хотя и равныя) діагонали двухъ какихъ-нибудь параллельныхъ его граней, мы получимъ то же, что въ предъидущемъ случаѣ то есть четыре точки, опредѣляющія вершины мезосферическаго сфеноэдра.

Въ видѣ примѣра на фиг. 15 показано раздѣленіе сферы на ромбы для тригональнаго трапецоэдра, причемъ пунктиромъ показаны и предѣлы мезосферическихъ членовъ этого ряда.

Предѣльными частными формами трапецоэдровъ являются дельтоэдръ и бипирамида. Каждый изъ этихъ случаевъ обнимаетъ безконечный рядъ формъ, и въ каждомъ изъ этихъ рядовъ имѣется мезосферическій представитель. Специально въ случаѣ дельтоэдра

$$b = c = d \frac{N-1}{N}, \text{ и значитъ } A = 2a = \frac{4d}{N}; F = b + c = 2d \frac{N-1}{N}; D = E = a + b = d \frac{N+1}{N}.$$

Тригональные дельтоэдры есть не что иное какъ ромбоэдры, а мезосферическій представитель этого ряда есть кубъ.

Трапецоэдрамъ сопряжены косые, а дельтоэдрамъ прямые призмoids.

4. N — гонально-бипирамидальная сим.

Общія относящіяся сюда типическіе изоэдры тождественны съ частными изоэдрами 1-го вида симметріи. Поэтому видъ симметріи не приводитъ къ выводу новыхъ мезосферическихъ изоэдровъ и изогоновъ.

5. N — гонально-пирамидальная сим.

Всѣ принадлежащія сюда типическіе изоэдры представляютъ фигуры открытыя, а потому относящихся сюда мезосферическихъ изоэдровъ и изогоновъ не имѣется.

Въ случаѣ, если N число четное, то, какъ извѣстно изъ ученія о симметріи, къ пяти перечисленнымъ прибавляется два новые вида симметріи, которые и подлежатъ разсмотрѣнію.

6. Ди- N — гонально-скаленоэдрическая сим.

Типическіе изоэдры этого вида симметріи есть ди- N — гональные скаленоэдры, коимъ соотвѣтствуетъ переменное раздѣленіе сферы на трехугольники. Законъ образованія соотвѣтствующихъ сферическихъ дѣленій выражается слѣдующимъ образомъ: имѣются двѣ постоянныя точки A и B (фиг. 16 здѣсь уголъ AB прямой), соотвѣтствующія осямъ симметріи и двѣ постоянныя плоскости AC и AD (образующія между собою уголъ $\frac{2d}{N}$) — плоскости симметріи; прямая AB дѣлитъ пополамъ уголъ между AC и AD . Третья сторона CD трехугольника ACD опредѣляется вращающеюся около B прямою, причемъ перпендикулярная къ ней прямая BO проходитъ чрезъ произвольно взятую точку касанія O .

Для того, чтобы трехугольнику ACD соотвѣтствовалъ мезосферическій изоэдръ, нужно, чтобы точка касанія O была центромъ описаннаго круга и находилась внутри трехугольника.

Ясно, что получимъ бесконечно-большое число рѣшеній, заключающихся въ слѣдующихъ двухъ предѣлахъ: 1) центръ описаннаго круга находится на прямой AB и 2) центръ этотъ совпадаетъ точкою E , находящеюся на AD (или AC) и занимаетъ какъ разъ ея середину. Въ последнемъ случаѣ два смежные по AD трехугольника сливаются въ одинъ и изоэдръ становится дельтоэдромъ то есть уже выведеннымъ для 3-го вида симметріи. Первый же предѣлъ, очевидно, соотвѣтствуетъ N — гональной бипирамидѣ.

При $N = 2$ AC и AD образуютъ прямой уголъ, а потому 1) первому предѣлу соотвѣтствуетъ трехугольникъ, въ коемъ всѣ три стороны равны d , и значитъ изоэдръ есть октаэдръ, 2) второму предѣлу соотвѣтствуетъ уже не тетрагональный, а тригональный изоэдръ съ равными ребрами то есть тетраэдръ.

Вмѣстѣ съ возрастаніемъ N предѣлы эти сокращаются, суживаются, а при $N = \infty$ центры вписаннаго круга для обоихъ предѣловъ приводятся къ одной точкѣ. Этому случаю опять соотвѣтствуетъ мезосферическій биконусъ (и особый цилиндръ).

Въ видѣ примѣра на фиг. 17 показано раздѣленіе сферы на ромбы для дитригонального скаленоэдра, причемъ показаны и предѣлы мезосферическихъ членовъ этого ряда.

7. N — гонально-дельтоэдрическая сим.

Это случай, когда присутствуетъ всего одна единственная ось сложной симметріи наименованія N и перпендикулярная къ ней плоскость сложной симметріи. Типическіе изоэдры, сюда относящіеся, представляютъ второй предѣльный частный случай предъидущаго вида симметріи, а потому новыхъ мезосферическихъ изоэдровъ и изогоновъ отсюда не выводится.

Этимъ исчерпывается выводъ всѣхъ мезосферическихъ изоэдровъ и изогоновъ. Но мы сейчасъ покажемъ, что существуетъ неисчерпаемое множество и другихъ мезосферическихъ многогранниковъ.

Какъ примѣръ рассмотримъ безконечный рядъ совокупностей такихъ многогранниковъ, обладающихъ симметріей безконечныхъ рядовъ фигуръ. Каждая такая совокупность представлена, въ свою очередь, безконечно большимъ числомъ членовъ.

Въ основаніе вывода кладемъ симметрическое раздѣленіе сферы на ромбы.

Возьмемъ на сферѣ точку O , и представимъ себѣ, что она соотвѣтствуетъ оси симметріи наименованія N , и въ ней сходятся N равныхъ ромбовъ A_1, A_2, \dots . Углы ромбовъ при этой точкѣ (конечно, также и противоположные) будутъ $\frac{4d}{N}$. Будемъ называть вершины этихъ угловъ и всѣхъ соотвѣствующихъ вершинами 1-го рода; всѣ другія вершины назовемъ вершинами 2-го рода; въ каждомъ ромбѣ, о которомъ будетъ рѣчь, мы всегда отличимъ вершины 1-го и 2-го рода; первые будутъ соотвѣтствовать одному, а другіе ему сопряженному мезосферическому многограннику.

Отъ каждого ромба перваго слоя образуются двѣ свободныя стороны, которыя опредѣляютъ собою ромбы B_1, B_2, \dots второго слоя, также въ числѣ N . Отъ ромбовъ этого второго слоя снова остаются по двѣ свободныя стороны, которыя опредѣляютъ ромбы третьяго слоя C_1, C_2, \dots и т. д.

Ради опредѣленности будемъ означать B_1 тотъ ромбъ, который опредѣляется свободными сторонами ромбовъ A_1 и A_2 , чрезъ B_2 тотъ, который опредѣляется свободными сторонами A_2 и A_3 и т. д. Также чрезъ C_1 означимъ тотъ ромбъ, который опредѣляется свободными сторонами ромбовъ B_1 и B_2 , чрезъ C_2 тотъ, который опредѣляется свободными сторонами ромбовъ B_2 и B_3 и т. д.

Ясно, что при такомъ порядкѣ раздѣленія сферы на ромбы всѣ послѣдующіе слои опредѣлятся уже однимъ первымъ, и можетъ случиться, что по раздѣленіи сферы на M такихъ слоевъ, они въ концѣ концовъ не сомкнутся въ одной точкѣ, и раздѣленіе окажется невозможнымъ.

Съ представленіемъ о слоѣ мы можемъ связать представленіе о сферическомъ (параллельномъ) кругѣ, на которомъ находятся по двѣ однородныя вершины каждаго ромба дан-

наго слоя и центръ котораго есть точка O . Измѣняя длины сторонъ ромбовъ, мы вмѣстѣ съ тѣмъ измѣняемъ и радіусы этихъ круговъ.

Если точкѣ O соотвѣтствуетъ ось симметріи наименованія N , то сферическій треугольникъ OAB , въ которомъ уголъ при O есть $\frac{2d}{N}$, а углы при A и B прямые (слѣдовательно также и углы OA и OB), опредѣлитъ собою все построение (фиг. 18).

Оно сводится къ тому, что сначала откладываемъ Oa равную длинѣ сторонъ ромбовъ, затѣмъ опредѣляемъ точку b такъ чтобы $ab = Oa$, затѣмъ c такъ, чтобы $cb = ab$ и т. д. Продолжая построение, мы придемъ или къ такой точкѣ d , которая совпадаетъ съ B , или къ такой точкѣ e , которая совпадаетъ съ A , или къ такой точкѣ d , чтобы отрезокъ dC (гдѣ C середина AB) равнялся $\frac{Oa}{2}$, или наконецъ такой точкѣ e , чтобы отрезокъ eC равнялся $\frac{Oa}{2}$. Каждому изъ этихъ случаевъ соотвѣтствуетъ опредѣленная пара мезосферическихъ многогранниковъ этого особаго ряда. Мы можемъ ихъ различать какъ многогранники перваго, втораго, третьяго и четвертаго вида.

Въ первыхъ двухъ случаяхъ должно быть соблюдено условіе, чтобы $Ad = Oa > AB$ или $Be = Oa > AB$. Во вторыхъ двухъ случаяхъ должно быть $dC = \frac{1}{2} Oa > \frac{1}{2} AB$ или $eC = \frac{1}{2} Oa > \frac{1}{2} AB$. Итакъ, во всѣхъ случаяхъ необходимымъ условіемъ является, чтобы $Oa > AB$. Если это условіе не соблюдено, раздѣленіе сферы на ромбы по указанному закону не можетъ быть достигнуто. Если же оно соблюдено, то построение можетъ быть исполнено, и получится раздѣленіе одного изъ упомянутыхъ четырехъ видовъ.

Для этого докажемъ предварительно, что, увеличивая стороны ромбовъ, мы вмѣстѣ съ тѣмъ получимъ увеличеніе радіусовъ всѣхъ круговъ Oa, Ob, Oc, \dots

Въ самомъ дѣлѣ, увеличимъ на бесконечно-малую величину сторону ромбовъ, а слѣдовательно и Oa . Вмѣсто Oa получимъ Oa' . Если бы возможно было такое увеличеніе Oa , чтобы Ob не увеличилось, то это значило бы, что $ab = a'b$ то есть сторона ab была-бы бесконечно близка къ перпендикулярности къ Oa , и въ то же время ab была бы, по условію, на конечную величину больше чѣмъ AB .

Эти два условія противорѣчатъ другъ другу: если бы ab была перпендикулярна къ Oa , то, проведя чрезъ B дугу малаго круга, центръ котораго D былъ бы полюсомъ плоскости OA , мы нашли бы $aD > ab$; $aD = AB$, а отсюда $ab < AB$, что противно условію.

Также докажемъ и для каждой послѣдующей точки c , что бесконечно малое, а слѣдовательно и какое угодно конечное, увеличеніе сторонъ ромбовъ, приводящее c въ положеніе c' , не совмѣстимо съ сохраненіемъ слѣдующей точки d на мѣстѣ, а тѣмъ болѣе ея приближенія къ O .

Отсюда усматриваемъ, что увеличивая, стороны ромбовъ, мы всегда такъ можемъ передвинуть точки b, c, d, \dots на сферѣ, чтобы получить одинъ изъ четырехъ видовъ дѣленія на ромбы, упомянутыхъ выше.

Число слоевъ при всѣхъ значеніяхъ N можетъ быть взято произвольно отъ 2 до ∞ .

Если найдемъ такую точку e , чтобы $eC = \frac{1}{2} Oe$ (принимая Oe за сторону ромбовъ), получимъ два слоя. Эта задача рѣшается особенно просто, такъ какъ въ этомъ случаѣ

$$\cos \frac{x}{2} = \sin x \cos \frac{d}{N} = 2 \sin \frac{x}{2} \cos \frac{x}{2} \cos \frac{d}{N} \quad \text{или} \quad \sin \frac{x}{2} = \frac{1}{2 \cos \frac{d}{N}}.$$

Напр. при $N=3$, найдемъ $x = 70^\circ 31' 46''$.

Вообще этому двухслойному дѣленію соотвѣтствуютъ N — гональныя пирамиды съ основаніями (не изоэдры) при $N=3$ это будутъ тетраэдры.

Если найдемъ такую точку e , чтобы $eB = eO$, то получимъ три слоя. Эта задача рѣшается также просто. Въ этомъ случаѣ

$$\cos x = \sin x \cdot \cos \frac{2d}{N} \quad \text{или} \quad \cotg x = \cos \frac{2d}{N}.$$

Напр. при $N=3$ $x = 63^\circ 26' 6''$; при $N=4$ $x = 54^\circ 44' 12''$ и т. д.

Вообще этому трехслойному дѣленію соотвѣтствуютъ N — гональныя бипирамиды (изоэдры) и сопряженные съ ними N — гональныя призмы (частный видъ $C1$). Изъ нихъ тетрагональная бипирамида есть октаэдръ, а сопряженная ей призма есть кубъ.

Если найдемъ такую точку d , чтобы $dC = \frac{1}{2} cd = \frac{1}{2} Oc$, то получимъ четыре слоя.

Наконецъ, если опредѣлимъ такую точку d , чтобы $dA = cd = Oc$, то получимъ пять слоевъ.

Дѣленіе на шесть слоевъ соотвѣтствуетъ второму члену ряда многогранниковъ, относящихся къ первому виду; дѣленіе на семь слоевъ будетъ принадлежать многогранникамъ второго вида и т. д.

Вообще число слоевъ

въ многогранникахъ 1-го вида выразится				$2 + 4e$
»	»	2-го	»	$3 + 4e$
»	»	3-го	»	$4 + 4e$
»	»	4-го	»	$5 + 4e$

гдѣ e произвольное цѣлое число отъ 0 до ∞ .

Что e всегда можетъ быть сдѣлано сколь-угодно большимъ, явствуетъ изъ того, что если за сторону ромбовъ возьмемъ уголъ, бесконечно мало превышающій величину $\frac{2d}{N}$, то получимъ около AB трехугольники, одинъ изъ угловъ которыхъ, а слѣдовательно и сферическая площадь, будетъ величина бесконечно малая.

Наконецъ, если найдемъ такую точку e , чтобы $de = dB + eA$, то получимъ совершенно особое раздѣленіе сферы на ромбы; соотвѣтствующіе мезосферическіе многогран-

ники будемъ считать 5-го вида. И здѣсь также какъ въ многогранникахъ 2-го и 4-го вида число слоевъ будетъ число нечетное.

Существенное отличіе многогранниковъ 5-го вида отъ всѣхъ остальныхъ состоитъ въ томъ, что въ послѣднихъ тройные углы соотвѣтствуютъ только точкамъ a и потому всегда имѣются только въ числѣ $2N$, тогда какъ въ многогранникахъ 5-го вида тройные углы соотвѣтствуютъ также точкамъ e (или d), а потому имѣются въ числѣ $4N$.

Нетрудно видѣть, что многогранники различнаго вида будутъ отличаться отчасти и по симметрическимъ свойствамъ, а именно: многогранники 1-го и 3-го вида относятся къ ди- N —гонально-пирамидальному, а многогранники 2-го, 4-го и 5-го вида къ ди- N —гонально бипирамидальному виду симметріи. Многогранники 2-го вида отъ многогранниковъ 4-го вида отличаются и тѣмъ, что въ первыхъ вершины перваго рода находятся въ главной плоскости симметріи, а во вторыхъ это относится къ вершинамъ 2-го рода и т. п.

Только что полученные результаты представляются отрывочными и разрозненными. Если принять во вниманіе, что въ нихъ заключается и полный выводъ мезосферическихъ изоэдровъ и изогоновъ, является потребность въ теоріи, изъ которой съ логическою послѣдовательностью вытекъ бы тотъ же выводъ какъ нѣчто полное и законченное.

Для построенія этой теоріи понадобится введеніе и ближайшее изученіе разныхъ новыхъ понятій, а равно и воспользоваться нѣкоторыми понятіями, уже развитыми въ ученіи о фигурахъ.

Назовемъ *контуромъ* (сферическимъ) какую-нибудь ломанную линію на сферѣ, замыкающуюся сама въ себѣ. Раздѣленіе сферы на многоугольники обуславливаетъ собою нѣкоторую *сѣть*. Углубимся нѣсколько въ эти понятія, и докажемъ теорему, по которой *всякій произвольный контуръ* (которыхъ вообще можно провести много) *въ четырехугольной сѣти составленъ изъ четнаго числа сторонъ*.

Пусть $ABCD...$ (фиг. 19) нѣкоторый произвольный контуръ о p сторонахъ въ такой сѣти. Къ каждой изъ его сторонъ $AB, BC, CD...$ примыкаетъ нѣкоторый четырехугольникъ. При этомъ можемъ различать три и только три случая: 1) четырехугольникъ имѣетъ съ контуромъ всего одну общую сторону напр. $ABB'A'$, 2) онъ имѣетъ съ контуромъ двѣ общія стороны напр. $BCDC'$ и 3) онъ имѣетъ съ контуромъ три общія стороны напр. $BCDE$.

Въ первомъ случаѣ отъ прибавленія четырехугольника контуръ увеличился на двѣ стороны, такъ какъ вмѣсто одной стороны AB явилось три $AA', A'B'$ и $B'B$; во второмъ случаѣ число сторонъ контура не измѣнилось, такъ какъ вмѣсто двухъ сторонъ BC и CD явилось двѣ же стороны BC' и $C'D$; въ третьемъ случаѣ число сторонъ уменьшилось на двѣ: вмѣсто трехъ сторонъ BC, CD и DE явилась только одна сторона BE .

Итакъ, отъ введенія въ контуръ какого угодно числа четырехугольниковъ мы всегда можемъ измѣнить число сторонъ контура только на четное число. А такъ какъ, послѣдовательно уменьшая число четырехугольниковъ внутри сѣти мы должны дойти до одного единственнаго, въ коемъ число сторонъ четыре и слѣдовательно четное, то значить четнымъ должно быть число сторонъ и произвольнаго контура.

Въ каждомъ четырехугольникѣ мы можемъ различать двѣ пары противоположныхъ, *соотвѣтственныхъ* сторонъ.

Назовемъ *поясомъ* (сферическимъ) такой, замыкающійся самъ собою рядъ четырехугольниковъ, каждый членъ котораго съ послѣдующимъ и съ предъидущимъ связанъ соотвѣтственными сторонами.

На основаніи предъидущей теоремы мы при помощи этого опредѣленія получимъ слѣдствіе: *вся пояса состоятъ изъ четнаго числа четырехугольниковъ.*

Въ самомъ дѣлѣ, каждый поясъ отграничивается отъ остальной сѣти двумя контурами, а число сторонъ каждаго изъ этихъ контуровъ равно числу четырехугольниковъ пояса; слѣдовательно, оно четное.

Примѣчаніе. Ради общности и точности доказательства нужно принять во вниманіе, что контуры пояса есть контуры специализированные. И такъ какъ можетъ случиться (что и увидимъ дальше), что поясъ можетъ пересѣкаться самъ съ собою, то также образуются и взаимныя пересѣченія каждаго изъ контуровъ самимъ собою. Но въ такомъ случаѣ между точками пересѣченія въ контурѣ появляются *петли*, и къ каждой таковой въ отдѣльности можетъ быть приложена только что доказанная теорема. А потому доказательство сохраняетъ свое значеніе и въ этихъ случаяхъ, даже тогда, когда вся сѣть составлена однимъ единственнымъ поясомъ то есть когда всѣ четырехугольники, на которые распадается вся поверхность сѣти, выводятся другъ изъ друга, прослѣживая рядъ по соотвѣтственнымъ сторонамъ.

Въ произвольной четырехугольной сѣти можно различать два рода вершинъ. Изъ полной совокупности вершинъ одного рода въ каждомъ четырехугольникѣ представлены две противоположныя.

Пусть около нѣкоторой вершины O (фиг. 20) сѣти сходится нѣкоторое число четырехугольниковъ. По опредѣленію, въ этой части сѣти вершины одного рода съ O будутъ A, B, C, \dots , а A', B', C', \dots будутъ вершины другого рода.

Каждая пара смежныхъ фигуръ напр. $OA'BB'$, $OB'CC'$ опредѣляетъ собою поясъ, и въ нихъ вершины перваго рода мы получимъ, проводя діагонали изъ O . Назовемъ контуръ этого пояса, проходящій чрезъ O , первымъ, а проходящій чрезъ B , вторымъ. Проводя послѣдовательно діагонали, начиная отъ B , мы получимъ въ поясѣ послѣдовательный рядъ вершинъ перваго рода: первою будетъ B , второю O , третьею C и т. д.; вообще четныя вершины будутъ находиться на первомъ, а нечетныя на второмъ контурѣ; а такъ какъ число фигуръ въ поясѣ четное, то, пройдя послѣднюю вершину $2p$, мы найдемъ для

$2p + 1$ -ой условіе, что она находится на второмъ контурѣ то есть совпадаетъ съ точкою B .

Отмѣчая такимъ образомъ вершины перваго и втораго рода на всѣхъ поясахъ, мы нигдѣ не натолкнемся на противорѣчіе.

Пусть прослѣживаніе одного изъ поясовъ дало вершины втораго рода A, O, B ; въ такомъ случаѣ прослѣживаніе другаго пояса даетъ B, O, C какъ вершины втораго рода и т. д.

Пусть одинъ изъ начальныхъ поясовъ пересѣкается какимъ-бы то ни было другимъ поясомъ въ первой и на примѣръ въ m -ой фигурѣ, гдѣ m произвольное цѣлое число; рассматривая совмѣстно предположенную часть новаго пояса, заключающую въ себѣ n фигуръ съ охваченною частью начальнаго пояса, мы найдемъ, что $m + n$ непремѣнно четное число, и, какому бы пути мы ни слѣдовали, по начальному ли поясу или по части новаго предположеннаго пояса, мы во встрѣчныхъ фигурахъ начальнаго пояса отнесемъ однѣ и тѣ же вершины къ вершинамъ одного рода.

Упомянутое свойство вершинъ четырехугольной сѣти разлагаться на два рода есть условіе совершенно необходимое для ромбической сѣти мезосферическихъ многогранниковъ, такъ какъ въ нихъ вершины двухъ родовъ есть вершины сопряженныхъ мезосферическихъ многогранниковъ.

Отсюда заключаемъ, что не только каждой парѣ мезосферическихъ многогранниковъ принадлежитъ опредѣленная ромбическая сѣть, но и наоборотъ *каждой ромбической сѣти соответствуетъ опредѣленная пара мезосферическихъ многогранниковъ*. Отсюда вытекаетъ тождественность задачъ отысканія мезосферическихъ многогранниковъ или раздѣленія сферы на ромбы.

Въ произвольномъ сферическомъ контурѣ мы должны отличать двѣ стороны и на каждой сторонѣ отдѣльно можемъ опредѣлить углы, дѣлаемые линіями контура.

Если съ одной стороны эти углы будутъ имѣть величины $A_1, A_2, A_3 \dots$, то съ другой стороны контура соотвѣтственная величины угловъ будутъ $4d - A_1, 4d - A_2, 4d - A_3 \dots$. Если число линій контура есть l , а сумма угловъ съ одной стороны есть ΣA , то съ другой стороны эта сумма есть $4dl - \Sigma A$, потому что общая сумма угловъ $4dl$. Эти суммы становятся равными, если $\Sigma A = 2dl$. Спеціальнѣйшій контуръ, удовлетворяющій этому условію, назовемъ *большимъ* (въ отличіе отъ остальныхъ, *малыхъ*). Окружность большого круга есть примѣръ особаго большаго контура, состоящаго изъ одной единственной сферической прямой. Мы можемъ рассматривать его и какъ контуръ, состоящій изъ произвольнаго числа частей, причемъ углы, дѣлаемые составными линіями какъ съ одной такъ и съ другой стороны всегда равна $2d$.

Сумма внутреннихъ угловъ то есть угловъ съ одной стороны какого-нибудь контура опредѣляетъ собою величину охватываемой имъ сферической площади, а именно

$$P_1 = \frac{\Sigma A + 4d}{2} - ld = \frac{\Sigma A}{2} - d(l - 2);$$

съ другой стороны величина площади, охватываемой тѣмъ же контуромъ, будетъ

$$P_2 = \frac{4dl - \Sigma A + 4d}{2} - ld = d(l + 2) - \frac{\Sigma A}{2}.$$

Конечно, сумма обѣихъ площадей есть $4d$ то есть вся сфера.

Ясно, что мы можемъ опредѣлить кругъ, площадь котораго на сферѣ P_1 . Въ такомъ случаѣ, если окружность этого круга съ нашимъ контуромъ пересѣчется въ нѣсколькихъ точкахъ, то отъ площади, замыкаемой имъ, отсѣчется нѣсколько частей, изъ которыхъ однѣ лежатъ съ внутренней и другія съ внѣшней стороны окружности; на основаніи равенства площадей заключаемъ, что изъ отсѣкаемыхъ частей сумма площадей внѣшнихъ будетъ равна суммѣ площадей внутреннихъ.

Если $\Sigma A = 2dl$, то $P_1 = P_2 = 2d$. Это показываетъ, что большіе контуры раздѣляютъ сферу на двѣ части, площади которыхъ равны между собою и конечно равны половинѣ площади всей сферы. Поэтому, если большой контуръ пересѣченъ въ нѣсколькихъ точкахъ окружностью большого круга, то площади, отсѣкаемыя съ одной стороны, будутъ равны площадямъ, отсѣкаемымъ съ другой стороны.

Теперь обратимся специально къ ромбическимъ сѣтямъ и ихъ поясамъ.

Въ каждомъ сферическомъ ромбѣ имѣется центръ, соответствующій двойной оси симметріи: каждая, проходящая чрезъ этотъ центръ, прямая, доходящая до пересѣченія съ периметромъ ромба, дѣлится въ немъ пополамъ.

Разсмотримъ какой-нибудь поясъ, не пересѣкающійся самъ съ собою.

Онъ составленъ рядомъ ромбовъ A, B, C, D и (фиг. 21) и является отграниченнымъ отъ остальной части сѣти двумя контурами. Углы, принадлежащіе одному изъ нихъ, отмѣнены цифрами въ естественной послѣдовательности 1, 2, 3, 4, 5, 6... Но такъ какъ противолежащіе углы ромбовъ равны между собою, то для другого контура получимъ тѣ же углы въ другой послѣдовательности; а именно 2, 1, 4, 3, 6, 5... Ясно, что въ совокупности суммы угловъ того и другого контура равны между собою, и слѣдовательно замыкаемыя ими площади съ внѣшней стороны тоже будутъ равны другъ другу..

Эти оба контура соответствуютъ двумъ одинаковымъ малымъ кругамъ (площади которыхъ, какъ показано, равны площадямъ, замыкаемымъ самими контурами). Если означимъ суммы этихъ угловъ чрезъ ΣA въ вышеприведенныхъ формулахъ, то увидимъ, что соответствующая этой суммѣ площадь P_1 будетъ болѣе площади полусферы; напротивъ того, площадь P_2 будетъ настолько же меньше площади полусферы. Разность $P_1 - P_2$ выразить очевидно, площадь пояса Π .

Слѣдовательно $\Pi = \Sigma A - 2dl$ 1)

Въ этой важной формулѣ членъ $2dl$ соответствуетъ суммѣ угловъ большого контура.

Отсюда видимъ, что ΣA непремѣнно больше $2dl$. Такимъ образомъ эта разность есть своего рода сферическій избытокъ, выражающій величину площади пояса.

Такія разности мы могли бы составить для всѣхъ поясовъ. Отмѣтимъ ихъ для каждого пояса отдѣльно особыми значками.

$$\begin{aligned}\text{Получимъ} \quad \Pi_1 &= \Sigma A_1 - 2dl_1 \\ \Pi_2 &= \Sigma A_2 - 2dl_2 \\ \Pi_p &= \Sigma A_p - 2dl_p\end{aligned}$$

Если сложимъ всѣ эти равенства, получимъ для суммы Π двойную площадь всей сферы, такъ какъ каждый ромбъ есть пересѣченіе двухъ поясовъ, а его площадь повторяется въ суммѣ два раза. По той же причинѣ повторяется въ общей суммѣ два раза и каждый уголъ A , а такъ какъ сумма этихъ угловъ около одной изъ вершинъ равна $4d$, то соотвѣтствующее суммирование приведетъ къ величинѣ $\frac{2 \cdot 4d \cdot n}{2}$, гдѣ n общее число вершинъ; наконецъ, суммирование величинъ l даетъ очевидно двойное число ромбовъ въ $2f$, а потому

$$8d = 4d \cdot n - 4d \cdot f \quad \text{или} \quad n = f + 2 \dots\dots\dots 2)$$

Мы пришли къ извѣстнѣйшей и элементарнѣйшей формулѣ, выражающей соотношеніе между числомъ вершинъ и числомъ граней во всѣхъ тетрагональныхъ многогранникахъ. Приложимость ея къ четырехугольнымъ сѣтямъ вполне очевидна, а потому на этотъ выводъ мы можемъ смотрѣть лишь какъ на провѣрку предыдущихъ формулъ.

Если мы въ каждомъ ромбѣ пояса соединимъ прямою середины двухъ соотвѣтственныхъ сторонъ, то 1) каждая такая прямая, по упомянутымъ свойствамъ ромба пройдетъ чрезъ его центръ, а 2) совокупность такихъ прямыхъ составитъ большой контуръ, о чемъ непосредственно заключаемъ по равенству суммъ угловъ $1', 2', 3', 4' \dots$ и $2', 1', 4', 3' \dots$. Слѣдовательно, каждая изъ этихъ суммъ въ отдѣльности равна $2dl$.

Легко доказать, что совокупность ромбовъ $A', B', C', D' \dots$, прилежащихъ къ гранямъ пояса, не можетъ составить пояса, ибо въ такомъ случаѣ средніе большіе контуры обоихъ поясовъ не пересѣклись бы между собою, а это невозможно.

Это обозначаетъ, что никогда всѣ вершины контуровъ одного и того же пояса не могутъ быть четверными. Если вообще существуетъ смежный поясъ, то гдѣ-нибудь онъ долженъ пересѣчь поясъ начальный, такъ какъ вообще всѣ пояса должны пересѣкаться другъ друга по меньшей мѣрѣ въ одной парѣ ромбовъ. Такое пересѣченіе влечетъ за собою присутствіе въ этихъ контурахъ тройныхъ угловъ.

О томъ, что въ каждой четырехугольной сѣти необходимо присутствуютъ тройные углы, мы можемъ заключить и изъ форм. 2).

Въ самомъ дѣлѣ, число всѣхъ угловъ равно $4f$, а число вершинъ $n = f + 2$. Слѣдовательно, среднее наименованіе вершинъ есть $\frac{4f}{f+2} = 3 + \frac{f-6}{f+2} < 4$.

Только при наименьшей возможной величинѣ $f = 6$ это наименованіе равно 3 то есть всѣ углы необходимо тройные.

Мы видимъ, что каждый поясъ необходимо пересѣкается съ каждымъ другимъ. Но такъ какъ срединные контуры поясовъ не есть прямые по сферѣ, то нѣтъ невозможнаго въ допущеніи, что какой-нибудь поясъ пересѣкается съ другимъ не въ одной, а въ большемъ числѣ паръ ромбовъ. Но по свойству контуровъ это число непременно должно быть четнымъ. Поэтому два такіе пояса разложатся на четное число петель, и для ихъ общаго изученія достаточно изслѣдовать одну изъ петель.

На фиг. 22 мы отмѣтили два сосѣдніе ромба пересѣченія съ углами a_1, b_1 и a_2, b_2 ; равные углы въ петляхъ мы отмѣтили одинаковыми цифрами и буквами. Разсмотримъ теперь два контура не одного и того же пояса, а одной и той же половины двойного пояса. Эти контуры характеризуются углами 1) $a_1, 1, 2, 3, 4, 5, 6, \dots, a_2, \dots$ и 2) углами, дополнительными до $4d$ угламъ $\frac{b_1}{2} + 2, 1 + 4, 3 + 6, \dots, 5 + \frac{b_2}{2}, \dots$

Если сумму всѣхъ угловъ перваго рода означимъ ΣA , то вычитаемая часть второй суммы угловъ отличается отсутствіемъ угловъ a и замѣною ихъ углами b , а потому выразится $\Sigma A - \Sigma a + \Sigma b$.

Означимъ площадь, охватываемую первымъ контуромъ P_1 , а охватываемую вторымъ контуромъ P_2 ; тогда

$$P_1 = \frac{\Sigma A}{2} - (l - 2)d \text{ и } P_2 = \frac{4d(l + k) - \Sigma A + \Sigma(a - b)}{2} - (l + k - 2)d$$

$$\text{а потому } \Pi = P_1 + P_2 = \frac{\Sigma(a - b)}{2} + (k + 4)d = (k + 4)d - \frac{\Sigma(b - a)}{2} \dots\dots\dots 3)$$

гдѣ k четное число петель.

Мы получили весьма интересный результатъ: суммы этихъ площадей не зависятъ ни отъ какихъ другихъ угловъ кромѣ a и b то есть угловъ, принадлежащихъ ромбамъ пересѣченія. Эти же углы будутъ одинаковы и для контуровъ другой половины двойного пояса. Слѣдовательно, и соотвѣтствующая сумма площадей для этой другой половины будетъ имѣть ту же величину.

Если же мы сложимъ обѣ соотвѣтствующія площади Π , то въ суммѣ охватится вся сфера два раза, площадь двойного пояса охватится три раза, а тѣ части, которыя заключены внутри петель, четыре раза. Означивъ площадь двойного пояса чрезъ Θ , а площадь петель чрезъ R , найдемъ

$$2 \Pi = 2d(k + 4) - \Sigma(b - a) = 8d + \Theta + 2R \text{ или } 2dk - \Sigma(b - a) = \Theta + 2R \dots 4)$$

Если никакой другой поясъ не пересѣкается съ начальнымъ больше чѣмъ въ одной парѣ ромбовъ, то

$$4d - \Sigma(b - a) = \Theta + 2R \dots\dots\dots 4')$$

Въ случаѣ двухъ поясовъ, пересѣкающихся въ одной парѣ ромбовъ, мы имѣемъ двоякаго рода пары петель. Означивъ одну изъ нихъ чрезъ R_1 , а другую R_2 , найдемъ

$$4d - \Sigma(b - a) = \Theta + 2R_1; 4d + \Sigma(b - a) = \Theta + 2R_2 \text{ и отсюда } \Sigma(b - a) = R_2 - R_1. \quad 5)$$

Разность площадей петель сводится къ разности угловъ ромбовъ пересѣченія.

Изъ форм. 4) отнюдь не вытекаетъ, чтобы число k было четное. Поэтому формула оставалась бы справедливою и въ томъ случаѣ, если бы k было нечетнымъ. Но въ этомъ случаѣ пересѣкались бы не два различные пояса, а одинъ и тотъ же поясъ самъ съ собою.

Однако во всѣхъ случаяхъ безразлично, будутъ ли данные пояса пересѣкаться въ двухъ, трехъ или большемъ числѣ ромбовъ, образуются петли, ограниченныя малыми контурами, а потому внутри нихъ не можетъ находиться цѣликомъ ни одинъ поясъ. Напротивъ того, каждый поясъ долженъ пересѣкать начальный простой или двойной поясъ какъ съ одной такъ и другой стороны.

Теперь рассмотримъ отношеніе ромбической сѣти къ элементамъ симметріи.

Ясно, что оси симметріи наименованія высшаго чѣмъ два могутъ соотвѣтствовать только вершинамъ сѣти. Двойныя оси симметріи могутъ проходить также чрезъ центры ромбовъ и чрезъ середины сторонъ. Плоскости симметріи могутъ проходить чрезъ стороны и чрезъ діагонали ромбовъ. Въ тѣхъ точкахъ, гдѣ плоскость симметріи проходитъ чрезъ вершины тройныхъ угловъ, она вмѣстѣ съ тѣмъ переходитъ изъ положенія стороны въ положеніе діагонали ромба. Если имѣется центръ обратнаго равенства, то оба контура простого пояса необходимо обратно равны другъ другу; если поясъ составной или сложный (пересѣченіе въ четномъ или нечетномъ числѣ ромбовъ), то обратно равны другъ другу наружные контуры пояса.

Разсмотримъ еще симметрію поясовъ. Пренебрежемъ при этомъ разсмотрѣніи элементами прямой симметріи (симметричности) то есть будемъ считать равными только такіе геометрическіе образы, которые совмѣщаются вращеніемъ около осей симметріи.

Пусть имѣются два равные пояса, пересѣкающіеся только въ одной парѣ ромбовъ, и пусть одинъ изъ этихъ ромбовъ есть изображенный на фиг. 23; здѣсь равные углы отмѣчены одинаковыми цифрами, а стрѣлками показано направленіе по сторонѣ отъ вершины 1 къ вершинѣ 2.

Два равные пояса состоятъ изъ *соотвѣтствующихъ* равныхъ ромбовъ; подъ словомъ соотвѣтствующіе мы подразумѣваемъ такіе, которые совмѣщаются при совмѣщеніи самихъ поясовъ. Если пояса равны, то мы можемъ ихъ привести въ одинаковое положеніе, и тогда соотвѣтствующіе элементы должны идти въ одинаковой послѣдовательности. Если бы общій ромбъ пересѣченія обоихъ поясовъ былъ и соотвѣтствующимъ ромбомъ, то направленіе отъ одной равной вершины къ другой равной напр. отъ 1 къ 2 было бы одинаково напр. или по часовой стрѣлкѣ или обратно; но въ этомъ ромбѣ для двухъ поясовъ мы видимъ какъ разъ обратную послѣдовательность. Отсюда заключаемъ, что нѣтъ такого элемента симметріи, который, приводя къ совмѣщенію оба пояса, заставилъ бы этотъ ромбъ совмѣститься

самого съ собою. Слѣдовательно, въ каждомъ изъ этихъ поясовъ должны быть другіе ромбы, которые приводятся къ совмѣщенію при совмѣщеніи самихъ поясовъ. Но такъ какъ, по предположенію, пояса пересѣкаются только въ одной парѣ ромбовъ, то слѣдовательно ромбы этой пары должны быть равны между собою. Пусть эти два ромба A и A' и пусть послѣдовательно совмѣщающіяся пары ромбовъ будутъ A_1 и A_1' , A_2 и A_2' ...

Поясъ между A и A' раздѣляется на двѣ части, которыя мы отмѣтимъ какъ первую и вторую; въ каждой изъ нихъ должно быть одинаковое число ромбовъ, такъ какъ каждый другой поясъ съ этимъ начальнымъ пересѣкается въ двухъ ромбахъ, изъ которыхъ одинъ находится въ первой, а другой во второй части. Отсюда слѣдуетъ, что если A_1 примыкаетъ къ A и находится въ первой части, то равный ему ромбъ A_1' примыкаетъ къ A' , и находится во второй части; то же относительно A_2 и A_2' и т. д. Этимъ обусловливается порядокъ расположенія равныхъ ромбовъ въ поясѣ, порядокъ который мы выразимъ такъ: ромбы одного и того же пояса связаны центромъ обратнаго равенства.

Но такъ какъ тѣ же соображенія одинаково справедливы и для всѣхъ другихъ поясовъ и послѣдовательности, въ которой располагаются въ нихъ равные ромбы, то въ результатѣ мы получаемъ, что не только равные ромбы одного и того же пояса, но и ромбы всей сѣти попарно связаны центромъ обратнаго равенства.

Устраняя изъ разсмотрѣнія элементы симметричности, мы все таки пришли къ нимъ, какъ къ необходимо присутствующимъ въ ромбической сѣти съ простыми поясами.

Но кромѣ простыхъ поясовъ могутъ существовать два пояса, пересѣкающіеся въ нѣсколькихъ парахъ ромбовъ. Это случай составного двойного пояса. Наконецъ одинъ и тотъ же поясъ можетъ пересѣкаться самъ съ собою въ нѣсколькихъ ромбахъ. Это случай сложнаго пояса.

Опять допустивъ, что сѣть, благодаря осямъ симметріи, составлена изъ равныхъ поясовъ, рассмотримъ случай поясовъ составныхъ.

Въ этомъ случаѣ при совмѣщеніи самихъ поясовъ, конечно, должны совмѣщаться и ромбы пересѣченія. Но такъ какъ каждый такой ромбъ, взятый въ отдѣльности, не совмѣщается въ себѣ двухъ соотвѣтственныхъ ромбовъ этихъ поясовъ, то въ числѣ ромбовъ, кромѣ тѣхъ, которые совмѣщаются вращеніемъ около оси симметріи, должны присутствовать и другіе, соотвѣтственные ромбы другого пояса. Прилагая аналогичное разсужденіе о порядкѣ расположенія равныхъ ромбовъ въ поясѣ, мы и въ этомъ случаѣ придемъ какъ къ необходимому слѣдствію—къ присутствію центра обратнаго равенства въ ромбической сѣти.

Но эта теорія является уже неприложимою по отношенію къ сложному поясу, такъ какъ въ этомъ случаѣ вовсе не имѣется другого пояса, въ которомъ долженъ находиться ромбъ, соотвѣтственный каждому данному ромбу пояса.

Приложимъ понятіе о поясахъ и сосчитаемъ число послѣднихъ въ безконечныхъ рядахъ мезосферическихъ многогранниковъ, о коихъ рѣчь была на стр. 17.

Если при двухъ противоположныхъ вершинахъ оси симметріи (наименованіе N) сходится по N ромбовъ, то вся площадь сферы раздѣлится $2N$ діаметровъ на равныя части, и

центры всѣхъ ромбовъ находятся на этихъ діаметрахъ. Будемъ считать первымъ діаметромъ тотъ, на которомъ находится центръ ромба B_1 и т. д. въ томъ же направленіи.

Мы легко замѣтимъ, что при переходѣ по поясу отъ одного слоя къ слѣдующему центръ ромба переносится съ одного діаметра на другой, порядокъ котораго на единицу выше. Но это относится къ среднимъ слоямъ. Но когда дойдемъ до ромба, примыкающаго къ оси симметріи, то при переходѣ отъ него къ слѣдующему ромбу того же пояса и того же слоя порядокъ діаметра повышается на двѣ единицы. Такимъ образомъ легко подсчитать порядокъ того діаметра, на которомъ находится центръ ромба, когда, обойдя по поясамъ два раза всѣ слои, мы вновь вернемся къ первому слою. Это зависитъ отъ числа слоевъ M .

При $M = 2$ получимъ слѣдующее повышеніе этого порядка, исходя отъ перваго:

$$+1+2+1+2$$

то есть порядокъ повысился на $6 = 2 \times 3$

при $M = 3$ имѣемъ:

$$+1+1+2+1+1+2$$

» » » на $8 = 2 \times 4$

при $M = 4$ имѣемъ:

$$+1+1+1+2+1+1+1+2$$

» » » на $10 = 2 \times 5$

при $M = 5$ имѣемъ:

$$+1+1+1+1+2+1+1+1+1+2$$

» » » на $12 = 2 \times 6$

и т. д.

Мы видимъ отсюда, что простые пояса получатся лишь тогда, когда при двухъ слояхъ въ каждомъ изъ нихъ 3 ромба, при трехъ 4, при четырехъ 5.... при M слояхъ въ слоѣ $(M+1)$ ромбовъ, но такъ какъ произведеніе изъ числа слоевъ на число ромбовъ въ слоѣ есть общее число ромбовъ сѣти f , то для простыхъ поясовъ условіемъ является равенство $f = M(M+1)$. Но также для всѣхъ сѣтей отъ 1-го до 4-го вида пояса равны между собою, и каждый съ каждымъ пересѣкается въ парѣ ромбовъ, то имѣемъ еще $p(p-1) = f$ то есть $p = M+1$.

Совсѣмъ другое получаемъ мы для сѣтей 5-го вида.

Въ нихъ число слоевъ M непремѣнно число нечетное и является особый средній, единичный поясъ, при переходѣ къ которому порядокъ повышается не на единицу, а на половину такъ что

при $M = 3$ имѣемъ:

$$+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}+2+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}+2$$

то есть порядокъ повышается на $6 = 2 \cdot 3$

при $M = 5$ имѣемъ:

$$+1+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}+1+2+1+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}+1+2$$

» » » на $10 = 2 \cdot 5$

при $M = 7$ имѣемъ:

$$+1+1+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}+1+1+2+1+1+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}+1+1+2$$

» на $14 = 2 \cdot 7$

и т. д.

Отсюда видимъ, что простые пояса получаются тогда, когда при трехъ слояхъ въ слоѣ 3 ромба, при пяти 5 и т. д., словомъ при M слояхъ въ слоѣ M ромбовъ; однако въ особомъ среднемъ слоѣ, образующемъ въ то же время и особый поясъ, число ромбовъ $2M$, а потому $f = M^2 + M = M(M + 1) = p(p - 1)$. Но если мы примемъ въ счетъ только равные пояса, число коихъ $p' = p - 1$, то найдемъ $M(M + 1) = (p' + 1)p'$ то есть $M = p'$.

Нетрудно видѣть, что сѣтъ первыхъ четырехъ видовъ соответствуетъ сѣти зоноэдровъ 1-го рода, а сѣтъ 5-го вида сѣти зоноэдровъ 2-го рода ¹⁾.

Если для сѣтей первыхъ четырехъ видовъ при M слояхъ въ слоѣ окажется не $(M + 1)$, а какое-нибудь произвольное число N ромбовъ, то число поясовъ получится въ зависимости отъ общихъ множителей чиселъ N и $(M + 1)$. Если общихъ множителей вовсе не имѣется, то получится, что вся сѣтъ состоитъ изъ одного единственнаго пояса. Если же $N = kN'$ и $M + 1 = kM'$; гдѣ k цѣлое число, а N' и M' уже больше общихъ множителей не заключаютъ, то именно k и означитъ число сложныхъ поясовъ (при $N' = M' = 1$ пояса становятся простыми).

Для сѣтей 5-го вида число поясовъ зависитъ отъ общихъ множителей чиселъ N и M , но кромѣ этихъ равныхъ поясовъ всегда остается еще особый единичный поясъ.

Теперь, заручившись нововведенными понятіями, мы можемъ полнѣе и совершеннѣе охарактеризовать всѣ ранѣе полученныя рѣшенія мезосферическихъ изоэдровъ и изогоновъ, а равно и другія рѣшенія, относящіяся до мезосферическихъ многогранниковъ вообще.

Ради сокращенія изложенія введемъ буквенныя обозначенія.

Общее число ромбовъ f . Если есть нѣсколько разрядовъ равныхъ ромбовъ, то, для отличія число ромбовъ cadaго разряда отмѣтимъ f_1, f_2, f_3, \dots ; поэтому $f = f_1 + f_2 + f_3 + \dots$.

Общее число вершинъ n ; изъ нихъ вершины тройныхъ угловъ означимъ n^3 , четверныхъ n^4 и т. д.; поэтому $n = n^3 + n^4 + \dots$.

Общее число поясовъ p . Сложные и составные пояса отмѣтимъ знаками p^3, p^4, \dots , гдѣ нечетные показатели относятся къ сложнымъ, а четные къ составнымъ двойнымъ поясамъ, а величина этихъ показателей выражаетъ число ромбовъ пересѣченія. Ясно, что

$$p = p^1 + p^2 + p^3 + \dots + 2(p^4 + p^6 + \dots) \quad (p^1 \text{ число простыхъ поясовъ}).$$

Величина симметріи S .

Число граней въ поясѣ l . Мы уже видѣли, что $pl = 2f$ въ случаѣ равныхъ поясовъ. Если не всѣ пояса равны, то произведеніе pl замѣнится суммою соответственныхъ произведеній; отдѣльныя пояса отмѣчены отдѣльными цифрами.

Переходимъ къ подробной характеристикѣ по порядку.

¹⁾ Н. У. Ф. §§ 66 и 67.

1. Сѣтъ гексакись - октаэдра (Фиг. 6).

$$f_1 = f_2 = f_3 = 24; f = 72$$

$$n^3 = 48; n^4 = 12; n^6 = 8; n^8 = 6; n = 74$$

Всѣ пояса равны и притомъ составные; $p^6 = 4; p = 2p^6 = 8; S = 48; l = 18$.

2. Сѣтъ пирамидального куба (Фиг. 7).

$$f_1 = 24; f_2 = 12; f = 36$$

$$n^3 = 24; n^4 = 6; n^6 = 8; n = 38$$

Всѣ пояса равны и притомъ составные; $p^4 = 3; p = 2p^4 = 6; S = 48; l = 12$.

3. Сѣтъ октаэдра и куба (Фиг. 8).

$$f_1 = f = 12$$

$$n^3 = 8; n^4 = 6; n = 14$$

Всѣ пояса равны и притомъ простые; $p^1 = p = 4; S = 48; l = 6$.

4. Сѣтъ тетрагонального пентагонъ - изоэдра (Фиг. 9).

$$f_1 = f_2 = f_3 = f_4 = f_5 = 12; f = 60$$

$$n_1^3 = 8; n_2^3 = 24; n^4 = 6; n^5 = 24; n = 62$$

Всѣ пояса равны и притомъ сложные; $p^3 = p = 4; S = 24; l = 30$.

5. Сѣтъ тетраэдровъ (Фиг. 10).

$$f_1 = f = 6$$

$$n^3 = n = 8$$

Всѣ пояса равны и притомъ простые; $p^1 = p = 3; S = 24; l = 4$.

6. Сѣтъ додекаэдра и икосаэдра (Фиг. 11).

$$f^1 = f = 30$$

$$n^3 = 20; n^5 = 12; n = 32$$

Всѣ пояса равны и притомъ простые; $p^1 = p = 6; S = 120; l = 10$.

7. Сѣтъ гексакисъ - икосаэдра (фиг. 12).

$$f_1 = f_2 = f_3 = 60, f = 180$$

$$n^3 = 120; n^4 = 30; n^6 = 20; n^{10} = 12; n = 182$$

Всѣ пояса равны и притомъ составные; $p^{10} = 6; p = 12; S = 120; l = 30$.

8. Сѣтъ пирамидального додекаэдра (фиг. 13).

$$f_1 = 60; f_2 = 30; f = 90$$

$$n^3 = 60; n^5 = 12; n^6 = 20; n = 92$$

Всѣ пояса равны и притомъ простые; $p^1 = p = 10; S = 120; l = 18$.

9. Сѣтъ пентагонального пентагонъ - изоэдра (фиг. 14).

$$f_1 = f_2 = f_3 = f_4 = f_5 = 30; f = 150$$

$$n_1^3 = 20; n_2^3 = 60; n_1^5 = 12; n_2^5 = 60; n = 152$$

Всѣ пояса равны и притомъ сложные; $p^5 = p = 6; S = 60; l = 50$.

10. Сѣтъ $2N$ — гональной бипирамиды.

$$f_1 = 4N; f_2 = 2N; f = 6N$$

$$n^3 = 4N; n^4 = 2N; n^{2N} = 2; n = 6N + 2; S = 4N. \text{ Всѣ пояса равны.}$$

Относящіяся сюда ромбическія сѣты являются тѣмъ частнымъ случаемъ ромбическихъ сѣтей 2-го вида, для котораго $M = 3$, а потому число поясовъ зависитъ отъ числа $2N$. Простые пояса получаются только при $N = 2$ то есть въ самомъ простомъ членѣ этого ряда, соотвѣтствующемъ октаэдру и кубу.

11. Сѣтъ N — гональной бипирамиды.

$$f_1 = 2N; f_2 = N; f = 3N$$

$$n^3 = 2N; n^4 = N; n^N = 2; n = 3N + 2; S = 2N. \text{ Всѣ пояса равны.}$$

Относящіяся сюда сѣты отличаются отъ предыдущихъ только тѣмъ, что N нечетное число, а потому въ этомъ случаѣ простыхъ поясовъ вовсе не имѣемъ.

12. Сѣтъ 2 N — гональнаго скаленоздра.

$$f_1 = f_2 = f_3 = 2 N; f = 6 N$$

$$n^3 = 4 N; n^4 = 2 N; n^{2N} = 2; n = 6 N + 2; S = 4 N. \text{ Всѣ пояса равны.}$$

Относящіяся сюда сѣти по числамъ совершенно сходятся съ сѣтями 10-го случая, но существенно отличаются тѣмъ, что для нихъ верхніе діаметры не сходятся съ нижними, а являются передвинутыми на разный уголъ. Соотвѣтственно этому ромбы средняго слоя являются въ повороченныхъ положеніяхъ.

13. Сѣтъ N — гональнаго дельтоэдра.

Этотъ случай есть предѣльный какъ для предъидущаго такъ и для слѣдующаго.

$$f_1 = 2 N; f_2 = 2 N; f = 4 N$$

$$n^3 = 2 N; n^4 = 2 N; n^N = 2; n = 4 N + 2; S = 4 N.$$

Относящіяся сюда сѣти принадлежатъ уже къ сѣтямъ 5-го вида, и притомъ всегда съ тремя слоями. Поэтому уже не всѣ пояса равны между собой, а есть особый единичный. Простые пояса получаются только для простѣйшаго случая $N = 3$.

14. Сѣтъ N — гональнаго трапецоэдра.

Относящіяся сюда сѣти имѣютъ такое-же отношеніе къ сѣтямъ предъидущаго случая какъ сѣти случая 12-го къ сѣтямъ 10-го случая то есть всѣ числа получаются одинаковыми, но уже діаметры верхніе и нижніе не сходятся, а являются повороченными на нѣ-который переменный уголъ. Соотвѣтственно этому являются повороченными и ромбы средняго слоя или, что все равно, особаго пояса.

15. Сѣтъ ромбическаго сфеноэдра.

Эта сѣтъ по числамъ сходится съ сѣтью тетраэдровъ, но отличается тѣмъ, что ромбы, центры которыхъ соотвѣтствуютъ разнымъ двойнымъ осямъ симметріи, уже не равны между собою, и притомъ являются повороченными на разные углы.

Этимъ мы только дополнили описаніе свойствъ мезосферическихъ изоэдровъ и изогоновъ, рѣшенія которыхъ были получены раньше.

Теперь посмотримъ, какъ эти рѣшенія систематически получаются, исходя изъ теоріи ромбическихъ сѣтей.

Если эти рѣшенія соотвѣтствуютъ изоэдрамъ и изогонамъ, то вся сѣть должна сложиться изъ нѣсколькихъ разрядовъ равныхъ ромбовъ, а именно трехъ въ случаѣ тригональных изоэдровъ и тригоноэдрическихъ изогоновъ, четырехъ въ случаѣ тетрагональных изоэдровъ и тетрагоноэдрическихъ изогоновъ и пяти въ случаѣ пентагональных изоэдровъ и пентагоноэдрическихъ изогоновъ.

Если всѣ пояса равны между собою, какъ это необходимо должно имѣть мѣсто для системъ кубооктаэдрической и додекаэдроикосаэдрической, такъ какъ въ нихъ единичныхъ направленій не имѣется, то изъ тѣхъ же разрядовъ ромбовъ должны состоять и ромбы каждаго пояса; въ частности, если пояса сложные и составные, то ромбы пересѣченія должны рассматриваться какъ пара ромбовъ, слившаяся въ одинъ.

Каждый двойной поясъ, сложный или составной, пересѣкается съ равнымъ ему поясомъ въ четырехъ парахъ ромбовъ. Въ случаѣ тригональных изоэдровъ на каждый ромбъ пересѣченія, рассматриваемый за два, придется двѣ пары ромбовъ пояса; въ случаѣ тетрагональных изоэдровъ на каждый ромбъ пересѣченія придется три пары пересѣченій двойныхъ поясовъ, а это невозможно, такъ какъ двойные пояса могутъ пересѣкаться другъ съ другомъ только въ четномъ числѣ паръ ромбовъ, и значитъ *тетрагональнымъ изоэдрамъ не могутъ соответствовать сѣти со сложными или составными двойными поясами*. Наконецъ, въ случаѣ пентагональных изоэдровъ на каждый ромбъ пересѣченія, придется четыре пары ромбовъ пересѣченія двойныхъ поясовъ между собою.

Отсюда непосредственно вытекаютъ слѣдующія соотношенія:

а) для простыхъ поясовъ:

$$p(p-1) = f$$

б) для двойныхъ поясовъ и тригональных изоэдровъ:

$$6p'(p'-1) = f, \text{ гдѣ } p' = p/2$$

в) для двойныхъ поясовъ и пентагональных изоэдровъ:

$$5p(p-1) = f.$$

Каждый поясъ вообще обладаетъ симметрией, величина которой S_p . Если S симметрия сѣти, то ясно, что $p = \frac{S}{S_p}$.

Руководствуясь этими соотношеніями, мы легко воспроизведемъ полный выводъ изоэдровъ и изогоновъ.

Для кубооктаэдрической системы при высшей величинѣ симметріи 48 могутъ имѣться только изоэдры съ числомъ граней 48, 24, 12, 8 и 6.

Для каждаго изъ таковыхъ испробуемъ всѣ три возможныхъ допущенія, а именно, что онъ тригональный, тетрагональный (необходимо простые пояса) и пентагональный.

Первое допущеніе для 48-гранника даетъ $f = 3 \cdot 24 = 72$, второе $f = 4 \cdot 24 = 96$, третье $f = 5 \cdot 24 = 120$.

При первомъ допущеніи имѣемъ:

$$a) f = 72 = p(p-1) = 9 \cdot 8.$$

$$б) f = 72 = 6p(p-1) = 6 \cdot 4 \cdot 3.$$

Мы видимъ отсюда, что если бы простые пояса были возможны, то ихъ число было бы 9, и въ каждомъ поясѣ заключалось бы 16 граней. Но это невозможно потому, что каждая совокупность изъ 16 граней должна была бы раздѣляться на три разряда съ равнымъ числомъ граней, а 16 не дѣлится на 3.

Въ случаѣ двойного пояса находимъ 4 равные пояса, и слѣдовательно $p^2 = 4$. Мы пишемъ p^2 , потому что съ каждымъ поясомъ пересѣкается три другіе двойные пояса.

Полученное рѣшеніе соотвѣтствуетъ раньше полученному 1-му.

При двухъ другихъ допущеніяхъ разложеніе сѣти на простые пояса уже невозможно, такъ какъ ни 96, ни 120 не представляютъ произведенія типа $p(p-1)$. Поэтому второе допущеніе вовсе устраняется.

При третьемъ допущеніи

$$f = 120 = 5p(p-1) = 5 \cdot 24.$$

а такъ какъ 24 также не представляетъ произведенія типа $p(p-1)$, то и оно устраняется какъ невозможное.

Для 24-гранниковъ соотвѣтствующія числа будутъ $f = 3 \cdot 12 = 36$, $f = 4 \cdot 12 = 48$ а $f = 5 \cdot 12 = 60$. Мы видимъ, что ни въ одномъ изъ этихъ случаевъ сѣть не можетъ быть разложена на простые пояса. Второе допущеніе снова устраняется.

При первомъ допущеніи

$$f = 36 = 6p(p-1) = 6 \cdot 3 \cdot 2.$$

Въ этомъ случаѣ имѣется, слѣдовательно, три двойные пояса, а въ каждомъ двѣ пары ромбовъ пересѣченія, то есть $p^2 = 3$.

Ясно, что это рѣшеніе соотвѣтствуетъ выше полученному 2-му.

При третьемъ допущеніи:

$$f = 60 = 5p(p-1) = 5 \cdot 4 \cdot 3.$$

Въ этомъ случаѣ имѣется, слѣдовательно, четыре пояса и въ каждомъ поясѣ 3 ромба пересѣченія то есть $p^3 = 4$.

Это рѣшеніе соотвѣтствуетъ ранѣе полученному 4-му.

Для 12-гранниковъ три возможныхъ допущенія даютъ числа $f = 3 \cdot 6 = 18$, $f = 4 \cdot 6 = 24$, $f = 5 \cdot 6 = 30$.

Разложеніе на простые пояса возможно только при третьемъ допущеніи; второе допущеніе опять устраняется.

Для перваго допущенія:

$$f = 18 = 6p(p-1) = 6 \cdot 3.$$

Итакъ, это допущеніе также устраняется какъ невозможно.

Для третьяго получаемъ:

$$f = 30 = p(p-1) = 6 \cdot 5.$$

Рѣшеніе соотвѣтствуетъ, очевидно, ранѣе полученному рѣшенію 6-му:

$$f = 30 = 5p(p-1) = 5 \cdot 3 \cdot 2.$$

Въ этомъ случаѣ получается три двойныхъ пояса, и въ каждомъ всего два ромба пересѣченія. Ясно, что полученный результатъ не отличается отъ предъидущаго, такъ какъ двойной поясъ съ одною парю ромбовъ пересѣченія есть не что иное какъ два простые пояса.

Для 8-гранниковъ тремъ допущеніямъ соотвѣтствуютъ числа $f = 3 \cdot 4 = 12$, $f = 4 \cdot 4 = 16$, $f = 5 \cdot 4 = 20$. Разложеніе на простые пояса допустимо въ первомъ и третьемъ случаѣ; слѣдовательно, второе допущеніе опять устраняется.

При первомъ допущеніи:

$$а) f = 12 = p(p-1) = 4 \cdot 3.$$

$$б) f = 12 = 6p(p-1) = 6 \cdot 2 \cdot 1.$$

Нетрудно видѣть, что и эти оба рѣшенія тождественны, потому что во второмъ случаѣ мы имѣемъ двойной поясъ съ одною парю ромбовъ пересѣченія то есть два простые пояса.

Это рѣшеніе соотвѣтствуетъ полученному выше 3-му.

При третьемъ допущеніи:

$$а) f = 20 = p(p - 1) = 5 \cdot 4.$$

$$б) f = 20 = 5 p(p - 1) = 5 \cdot 4.$$

Второй случай устраняется какъ невозможный. Въ первомъ же случаѣ получаемъ пять поясовъ, и въ каждомъ четыре ромба при пяти разрядахъ граней; что также невозможно.

Для 6-гранниковъ тремъ допущеніямъ соотвѣтствуютъ числа $f = 3 \cdot 3 = 9$, $f = 4 \cdot 3 = 12$, $f = 5 \cdot 3 = 15$.

Разложене на простые пояса возможно только при второмъ допущеніи.

При первомъ допущеніи:

$$f = 9 = 6 p(p - 1).$$

Невозможность очевидна.

При второмъ допущеніи:

$$f = 12 = p(p - 1) = 4 \cdot 3.$$

Очевидно, что соотвѣтствующее рѣшеніе тождественно съ полученнымъ раньше (третьимъ); только тамъ въ качествѣ изоэдра полученъ октаэдръ, а здѣсь кубъ.

При третьемъ допущеніи:

$$f = 15 = 5 p(p - 1) = 5 \cdot 3.$$

Невозможность очевидна.

Для 4-гранниковъ получимъ числа $f = 3 \cdot 2 = 6$, $f = 4 \cdot 2 = 8$ и $f = 5 \cdot 2 = 10$. Разложене на простые пояса возможно только при первомъ допущеніи. Второе устраняется.

При первомъ допущеніи:

$$а) f = 6 = p(p - 1) = 3 \cdot 2.$$

$$б) f = 6 = 6 p(p - 1) = 6 \cdot 1.$$

Второй случай устраняется какъ невозможный. Рѣшеніе, заключающееся въ первомъ, есть рѣшеніе 5-ое.

При третьемъ допущеніи:

$$а) f = 10 = 5 p(p - 1) = 5 \cdot 2 \cdot 1.$$

Рѣшеніе невозможное, потому что наименьшее число равныхъ поясовъ есть 3.

Для *додоказдро-икосаэдрической* системы при высшей величинѣ симметріи 120 возможны изоэдры съ 120, 60, 30, 20 и 12 гранями.

Для 120-гранника получаемъ при трехъ возможныхъ допущеніяхъ $f = 3 \cdot 60 = 180$, $f = 4 \cdot 60 = 240$ и $f = 5 \cdot 60 = 300$. Возможность разложенія на простые пояса устраняется при всѣхъ трехъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ и второе допущеніе вообще.

При первомъ допущеніи:

$$f = 180 = 6 p (p - 1) = 6 \cdot 6 \cdot 5.$$

Въ этомъ случаѣ $p^{10} = 6$; рѣшеніе соотвѣтствуетъ вышеприведенному 7-му.

При третьемъ допущеніи:

$$f = 300 = 5 p (p - 1) = 5 \cdot 60.$$

Невозможность очевидна.

Для 60-гранниковъ получаемъ числа $f = 3 \cdot 30 = 90$, $f = 4 \cdot 30 = 120$ и $f = 5 \cdot 30 = 150$. Возможность разложенія на простые пояса существуетъ только для перваго допущенія. Второе устраняется.

При первомъ допущеніи:

$$а) f = 90 = p (p - 1) = 10 \cdot 9.$$

$$б) f = 90 = 6 p (p - 1) = 6 \cdot 15.$$

Возможно только первое рѣшеніе, соотвѣтствующее вышеприведенному 8-му.

При третьемъ допущеніи:

$$f = 150 = 5 p (p - 1) = 5 \cdot 6 \cdot 5.$$

Въ этомъ случаѣ имѣется 6 двойныхъ поясовъ p^5 .

Рѣшеніе соотвѣтствуетъ вышеприведенному 9-му.

Для 30-гранниковъ получаемъ числа $f = 3 \cdot 15 = 45$, $f = 4 \cdot 15 = 60$ и $f = 5 \cdot 15 = 75$. Ни при одномъ изъ нихъ невозможно разложеніе на простые пояса. Второе допущеніе устраняется.

При первомъ допущеніи:

$$f = 45 = 6 p (p - 1).$$

Невозможность очевидна.

При третьемъ допущеніи:

$$f = 75 = 5 p (p - 1) = 5 \cdot 15.$$

Невозможность также очевидна.

Для 20-гранниковъ получаемъ числа $f=3 \cdot 10=30$, $f=4 \cdot 10=40$ и $f=5 \cdot 10=50$. Разложеніе на простые пояса допустимо только въ первомъ случаѣ. Второе допущеніе устраняется.

При первомъ допущеніи:

$$а) f = 30 = p (p - 1) = 6 \cdot 5.$$

$$б) f = 30 = 6 p (p - 1) = 6 \cdot 5.$$

Невозможность второго случая очевидна. Первое же рѣшеніе соотвѣтствуетъ выше-приведенному 6-му.

При третьемъ допущеніи:

$$f = 50 = 5 p (p - 1) = 5 \cdot 10.$$

Невозможность очевидна.

Наконепъ, для 12-гранниковъ получаемъ числа $f=3 \cdot 6=18$, $f=4 \cdot 6=24$ и $f=5 \cdot 6=30$. Ясно, что разложеніе на простые пояса возможно только при третьемъ допущеніи.

Второе устраняется.

При первомъ допущеніи:

$$f = 18 = 6 p (p - 1) = 6 \cdot 3.$$

Невозможность очевидна.

При третьемъ допущеніи:

$$а) f = 30 = p (p - 1) = 6 \cdot 5.$$

$$б) f = 30 = 5 p (p - 1) = 5 \cdot 3 \cdot 2.$$

Первое изъ этихъ рѣшеній очевидно тождественно съ предъидущимъ. Также это очевидно и для второго; для него получаемъ двойной поясъ, пересекающійся въ парѣ ромбовъ то есть два простые пояса, отчего и число поясовъ вдвое меньше.

Особая простота всѣхъ остальныхъ случаевъ, а равно и то обстоятельство, что для нихъ уже приведено доказательство возможности существованія посреди изоэдровъ и изогоновъ также и мезосферическихъ представителей, дѣлаетъ специальный разборъ излишнимъ.

Въ заключеніе рассмотримъ проэктивныя соотношенія, касающіяся какъ мезосферическихъ многогранниковъ вообще, такъ и ромбическихъ сѣтей.

Дуальная зависимость двухъ сопряженныхъ мезосферическихъ многогранниковъ разсмотрѣна уже выше (стр. 2 и сл.). Въ ромбическихъ сѣтяхъ она находитъ свое наглядное выраженіе въ томъ, что какъ вершины одного изъ этихъ многогранниковъ, такъ и полюсы соотвѣтственныхъ граней сопряженныхъ многогранниковъ, отмѣчаются на сферѣ въ ромбической сѣти одними и тѣми же точками. Что же касается коррелятивности реберъ, она находитъ свое выраженіе въ перпендикулярности діагоналей одного и того же ромба, а каждая изъ этихъ діагоналей соотвѣтствуетъ опредѣленному ребру того или другого многогранника.

Вершины системы ромбовъ есть центры круговъ, проходящихъ чрезъ вершины другого рода.

Проведемъ всѣ круги, соотвѣтствующіе вершинамъ одного рода и круги имъ полярные. Последніе будутъ съ первыми имѣть общій центръ и простое соотношеніе въ величинахъ радіусовъ. Если сферическій радіусъ первыхъ выразится угломъ x , то сферическій радіусъ послѣднихъ есть $d - x$.

Каждой опредѣленной точкѣ одного круга соотвѣтствуетъ опредѣленная касательная къ другому. Если два круга одного рода не пересѣкаются, то можно провести къ нимъ двѣ пары касательныхъ. Въ полярныхъ кругахъ этимъ двумъ парамъ касательныхъ будутъ соотвѣтствовать двѣ пары точекъ пересѣченія. Итакъ, если два круга не пересѣкаются, то полярные имъ круги пересѣкаются въ двухъ парахъ точекъ, и наоборотъ, если первые два круга пересѣкаются въ двухъ парахъ точекъ, то полярные круги не пересѣкаются другъ съ другомъ. Если два непересѣкающіеся круга приближаются другъ къ другу до соприкосновенія, то это значитъ, что двѣ касательныя сливаются въ одну общую, хотя и обращенную къ обоимъ кругамъ разными сторонами. Поэтому въ одной изъ двухъ паръ точекъ пересѣченія полярныхъ имъ круговъ произойдетъ сближеніе этихъ точекъ до совпаденія въ одномъ линейномъ діаметрѣ сферы. Итакъ, если два круга касаются, то и круги полярные имѣютъ общую касательную. Наконецъ, если два круга пересѣкаются въ двухъ точкахъ и вмѣстѣ съ тѣмъ имѣютъ двѣ общія касательныя, то и полярные круги имѣютъ двѣ общія касательныя и пересѣкаются въ двухъ точкахъ: касательныя полярны по отношенію къ точкамъ пересѣченія первыхъ, и обратно.

Если нѣсколько круговъ пересѣкаются въ общей парѣ точекъ, то и полярные круги

имѣютъ однѣ и тѣ же двѣ касательныя. Изъ первыхъ наименьшимъ кругомъ будетъ тотъ, для котораго двѣ постоянныя точки составляютъ концы діаметра. Изъ вторыхъ наибольшимъ кругомъ будетъ тотъ, который касается въ среднихъ точкахъ двухъ постоянныхъ дугъ большаго круга, полярныхъ по отношенію къ первымъ двумъ точкамъ. Если второй кругъ больше перваго, то всегда можно найти такой промежуточный кругъ, который будетъ полярень самъ по отношенію къ себѣ. Очевидно, это кругъ съ діаметромъ равнымъ d . Этотъ кругъ или, точнѣе, пара круговъ, будетъ обладать тѣмъ свойствомъ, что его окружность одновременно пройдетъ и черезъ двѣ данныя постоянныя точки и будетъ касательна къ двумъ постояннымъ дугамъ большаго круга. Указанныя соотношенія демонстрированы на фиг. 24. На ней круги, полярные сами по отношенію къ себѣ отмѣчены поперечными черточками.

Примѣняя эту теорію къ ромбической сѣткѣ, назовемъ круги, имѣющіе центрами вершины одного рода и проходящіе чрезъ вершины другого рода главными. Если такой кругъ проходитъ чрезъ n вершинъ, то кругъ, ему полярный, будетъ вписанъ въ сферическомъ многоугольникѣ, стороны котораго есть полярны вершинъ перваго. Но такъ какъ первые вершины выражаютъ точки касанія одной изъ пары сопряженныхъ мезосферическихъ многогранниковъ, то стороны второго не что иное какъ дуги пересѣченія діаметральныхъ плоскостей, параллельныхъ тѣмъ же гранямъ.

Слѣдовательно, если съ одной стороны отмѣтимъ всѣ точки касанія граней, а съ другой стороны чрезъ центръ сферы проведемъ параллельныя ихъ плоскости, то найдемъ, что черезъ первые точки будутъ проходить главные круги, всѣ одинаковые, а ко вторымъ большимъ дугамъ большаго круга въ соотвѣтственномъ числѣ будутъ касаться круги полярные, тоже всѣ одинаковые, и притомъ имѣющіе съ первыми общіе центры и эти центры есть не что иное какъ точки касанія граней другого, сопряженнаго, многогранника.

Для поясненія на фиг. 25 проведено 19 дугъ большаго круга соотвѣтственно 19 гранямъ мезосферическаго косога тетрагональнаго призмодра и полярный кругъ, представляющій граммастереографическую проэкцію одной изъ граней тетрагональнаго пентагонъ-изоэдра. Мы видимъ, что послѣдній касается пяти дугъ, соотвѣтствующихъ пяти различнымъ гранямъ призмодра.

Заканчивая этимъ изслѣдованіе, мы не можемъ не отмѣтить того обстоятельства, что мы коснулись здѣсь только первоначальныхъ элементовъ одного изъ элементарнѣйшихъ вопросовъ ученія о фигурахъ (геометріи формъ), вопроса объ отысканіи многогранниковъ, въ извѣстномъ отношеніи аналогичныхъ правильнымъ многоугольникамъ на плоскости; чтобы двинуть вопросъ дальше, необходимо доказать нѣсколько капитальныхъ теоремъ, которыя должны лечь въ основу полнаго рѣшенія поставленнаго вопроса.

Всѣ полученные нами многогранники обладаютъ симметрией, хотя не всѣ представляютъ изоэдры или изогоны. Существуютъ ли мезосферическіе многогранники, не обладающіе симметрией? это остается для насъ вопросомъ, такъ какъ намъ не удалось открыть ни одного такого, но не удалось доказать и ихъ невозможности.

По отношенію къ ромбическимъ сѣтямъ мы нашли, что каждому рѣшенію соотвѣтствуютъ опредѣленныя величины сторонъ ромбовъ, а слѣдовательно и опредѣленное соотношеніе между радіусами описаннаго и вписаннаго шара. Но опредѣляется ли одною стороною ромба вся сѣть, аналогично тому, какъ для плоскости каждою парюю круговъ опредѣляется мезоциклическій многоугольникъ? можно ли по каждому данному намъ контуру возстановить только одну опредѣленную сѣть, или же, хотя въ нѣкоторыхъ случаяхъ, одному и тому же контуру можетъ соотвѣтствовать нѣсколько различныхъ сѣтей? на всѣ эти вопросы опредѣленныхъ отвѣтовъ пока не имѣется.

Если въ ближайшее время на эти вопросы не съумѣетъ отвѣтить ни одинъ изъ представителей точнаго знанія, то это можетъ служить яркимъ выраженіемъ крайней ограниченности человѣческаго ума и способностей: если даже столь элементарныя изъ элементарныхъ вещей оказываются выше силъ человѣка, то какъ мы должны цѣнить эти силы?



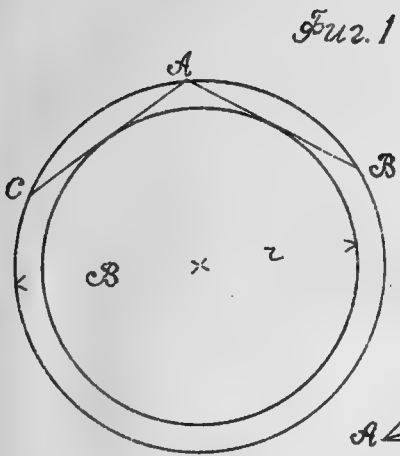


Fig. 1

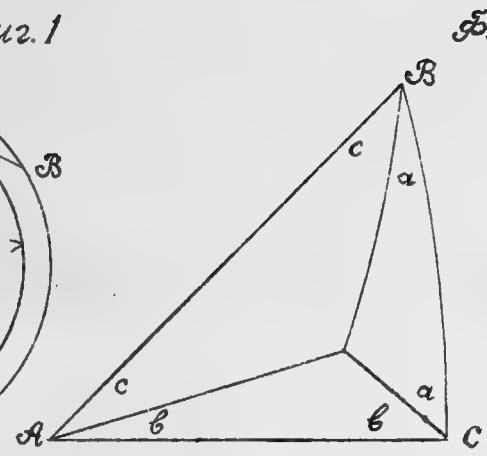


Fig. 2

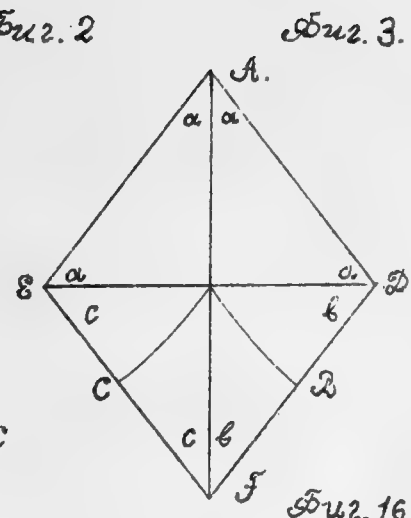


Fig. 3

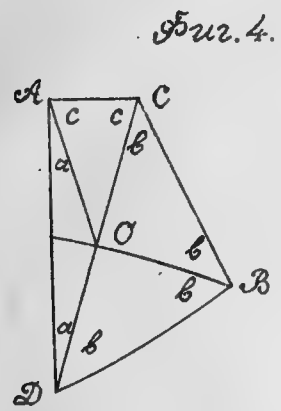


Fig. 4

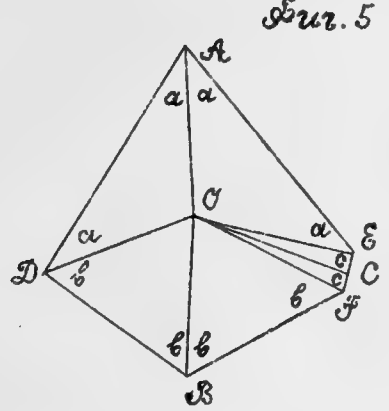


Fig. 5

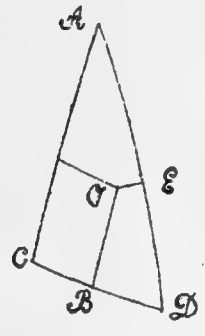


Fig. 16

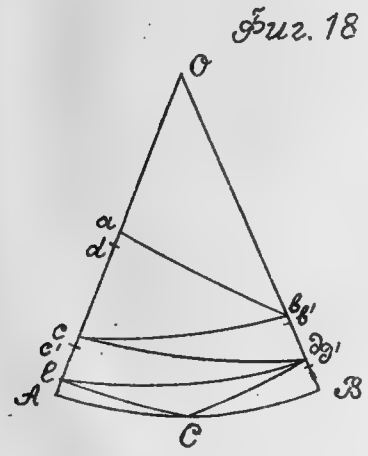


Fig. 18

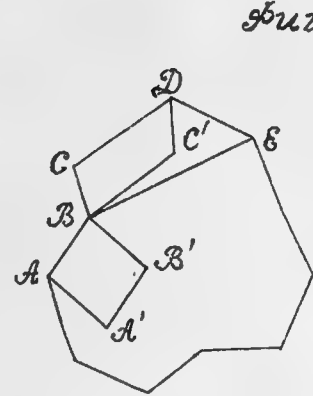


Fig. 19

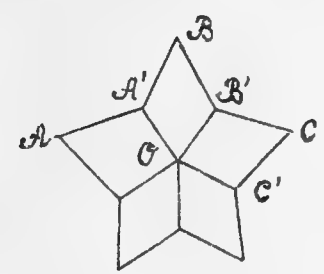


Fig. 20

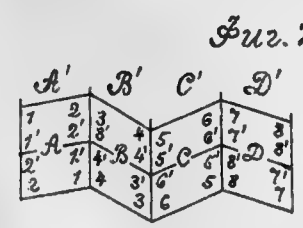


Fig. 21

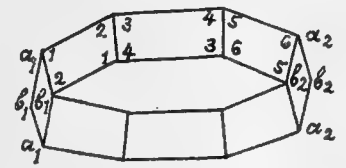


Fig. 22

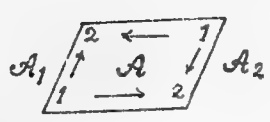
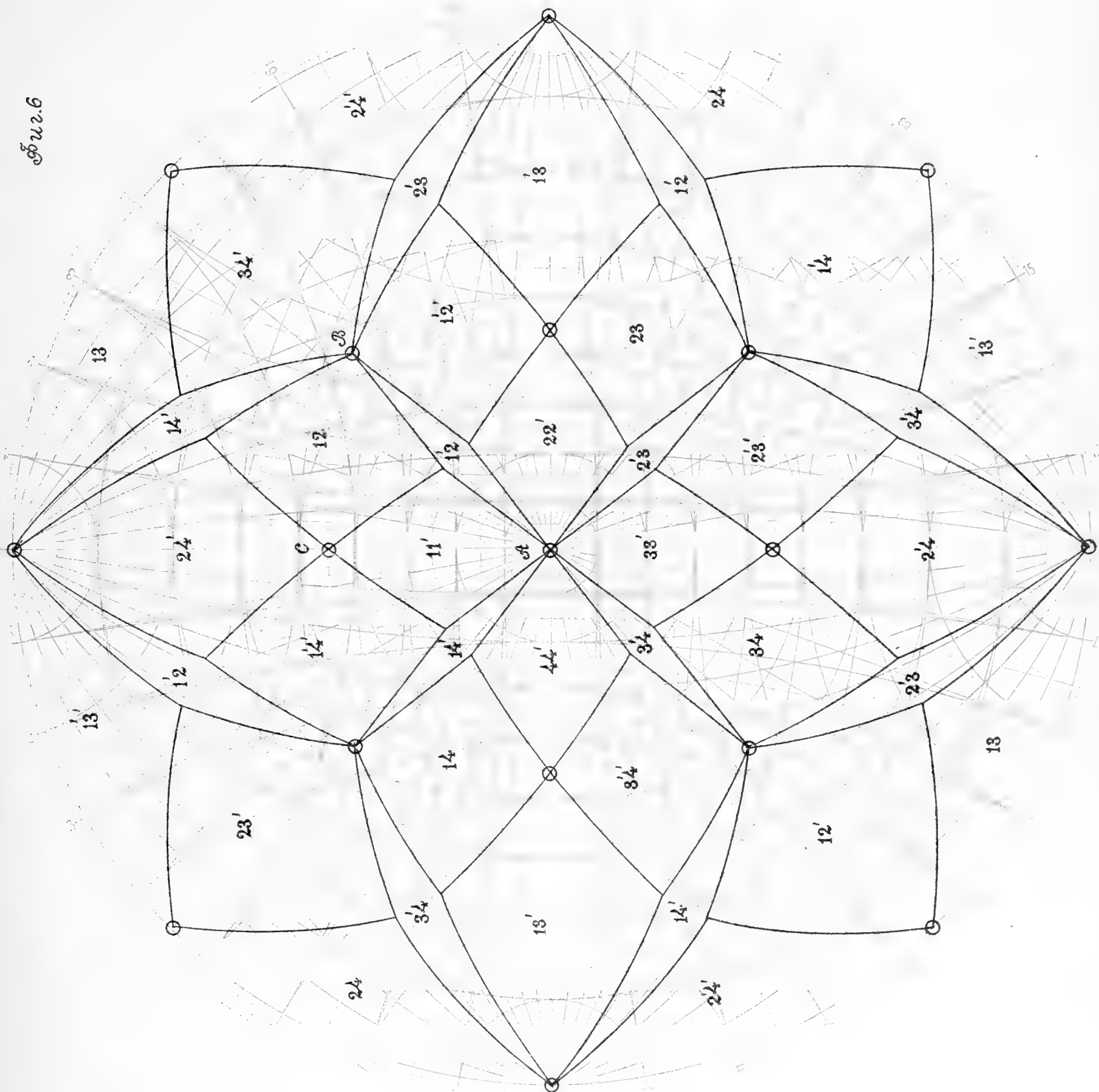


Fig. 23

9.2.6



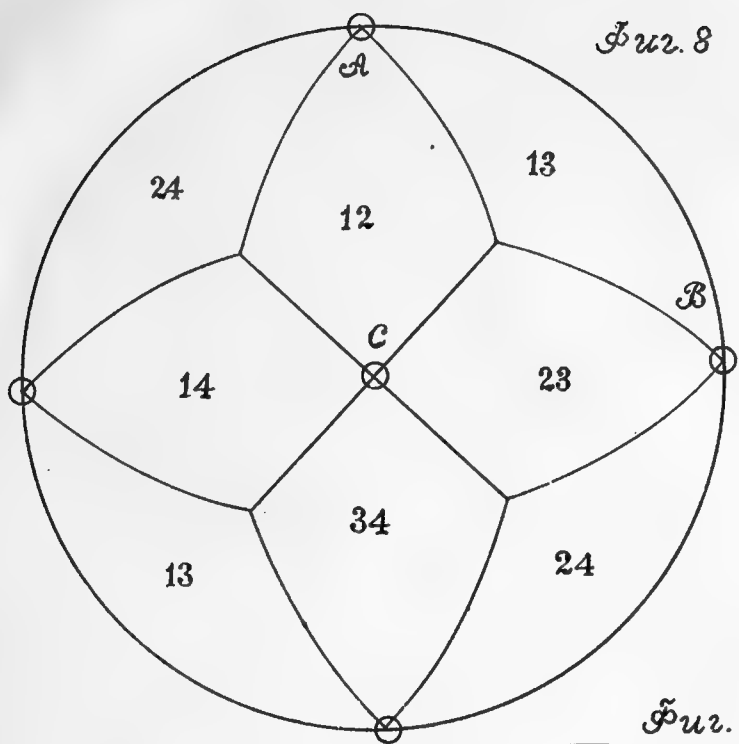


Fig. 8

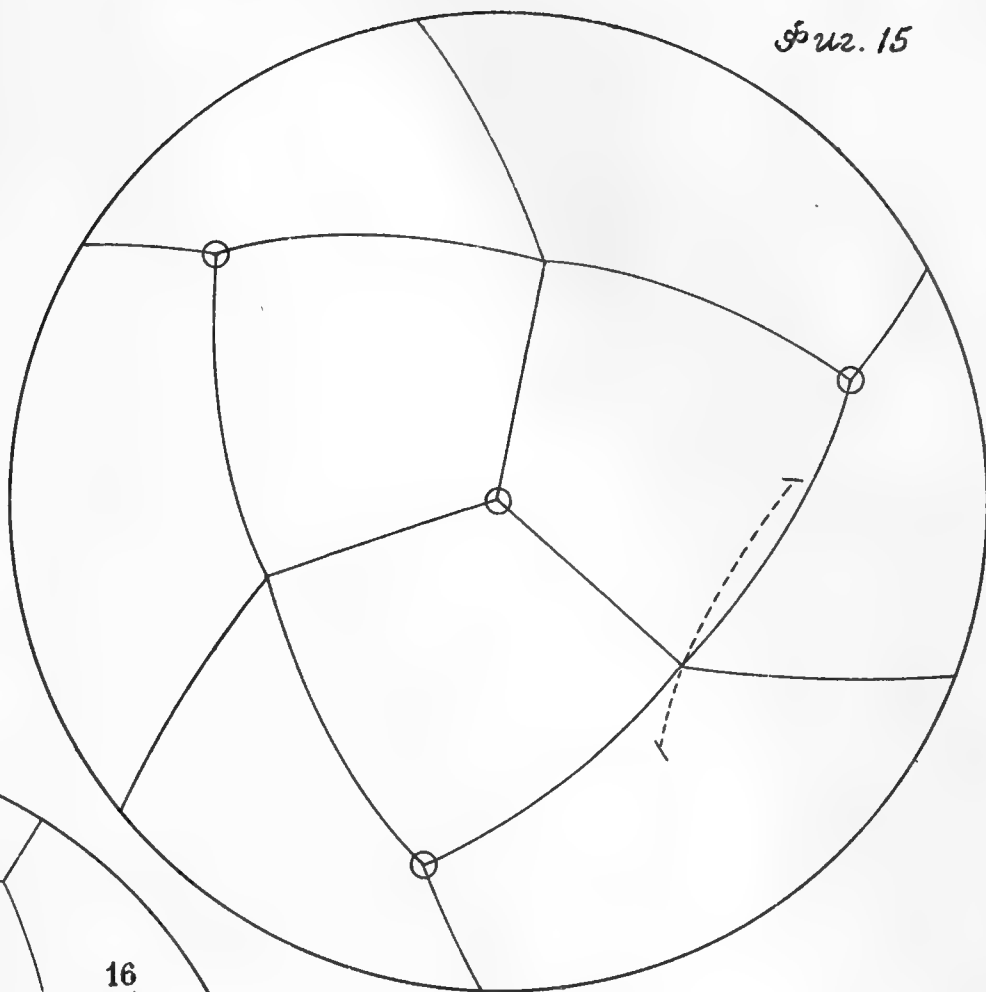


Fig. 15

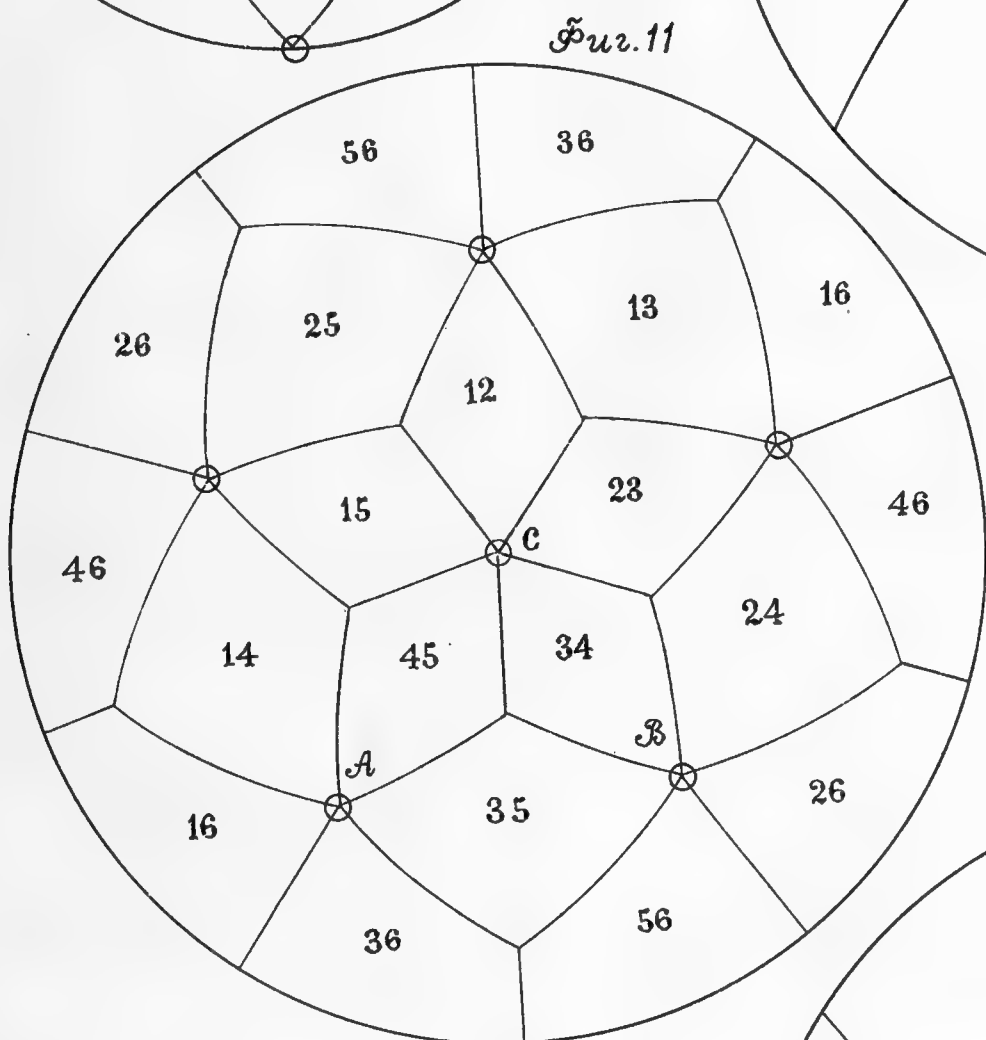


Fig. 11

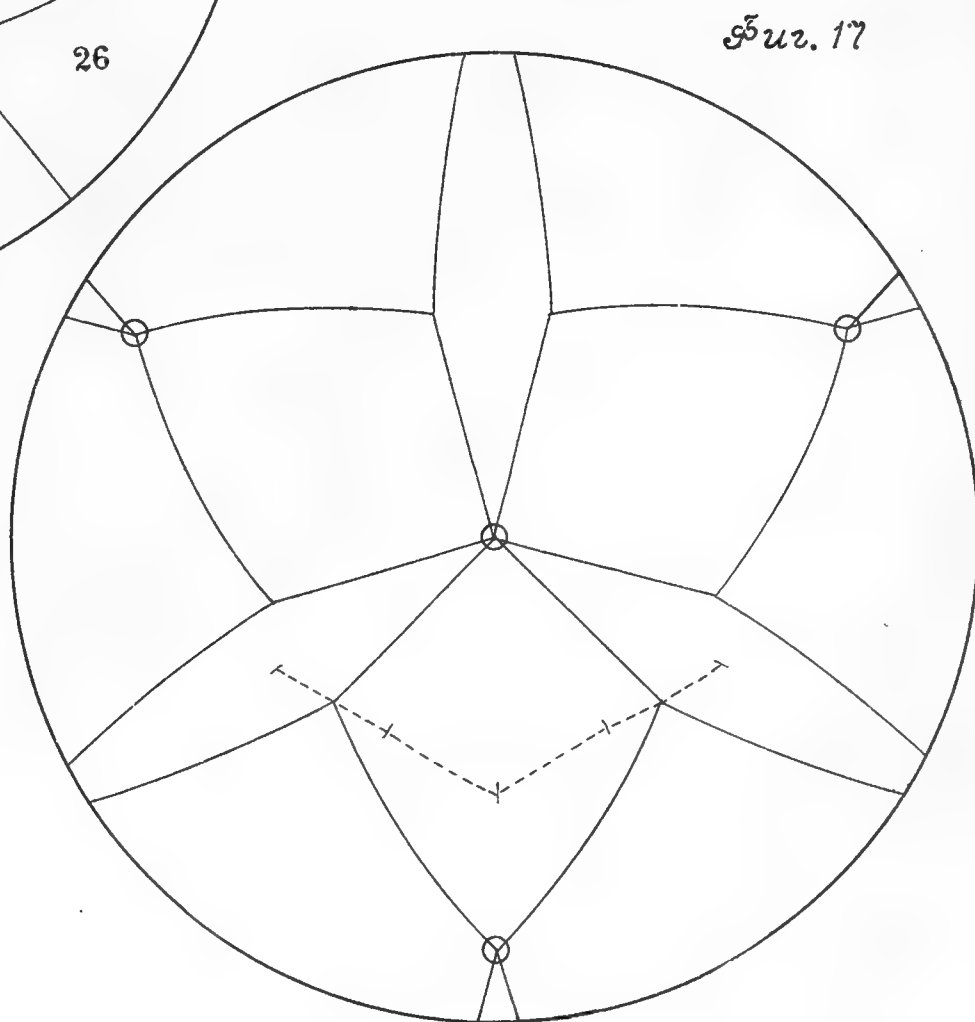


Fig. 17

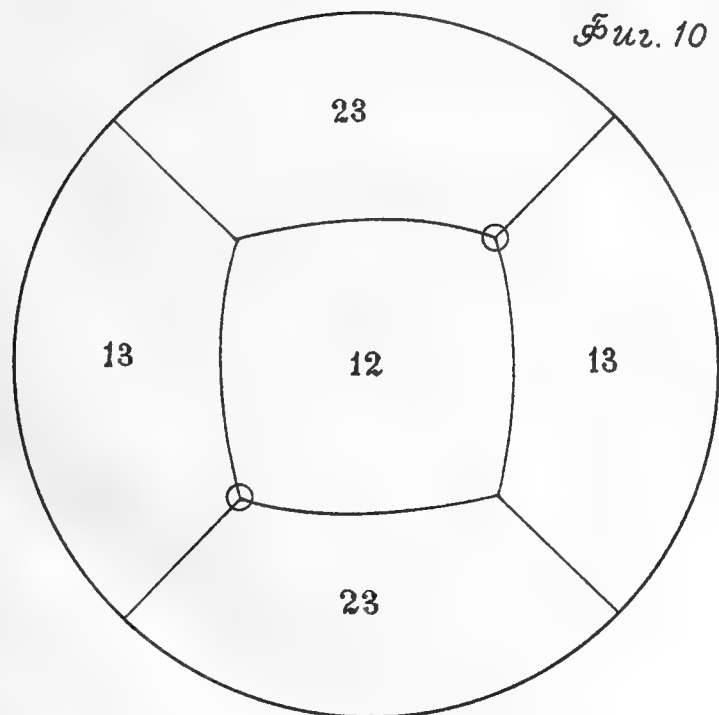


Fig. 10

ജൂ. 9

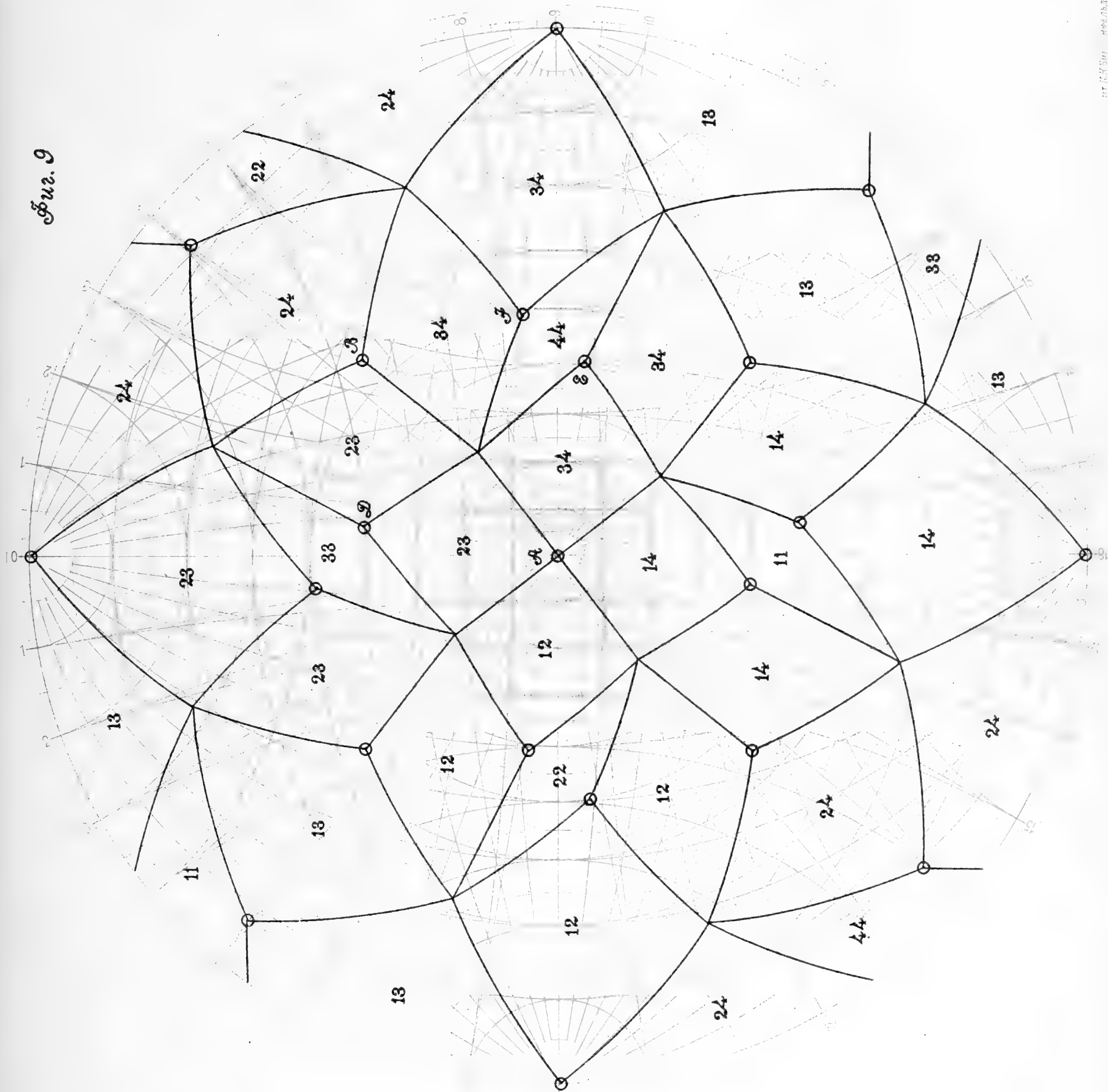
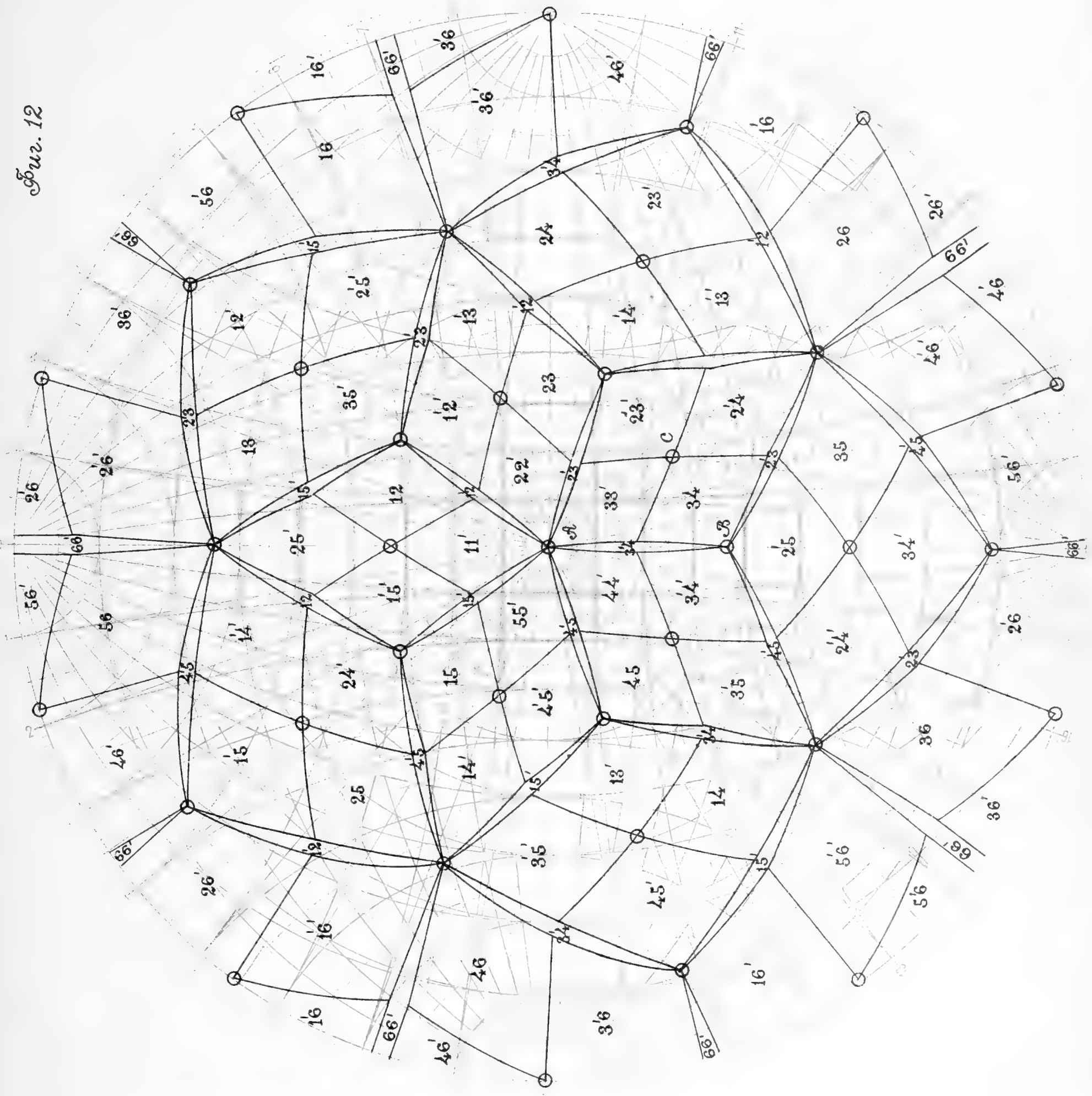


Fig. 12





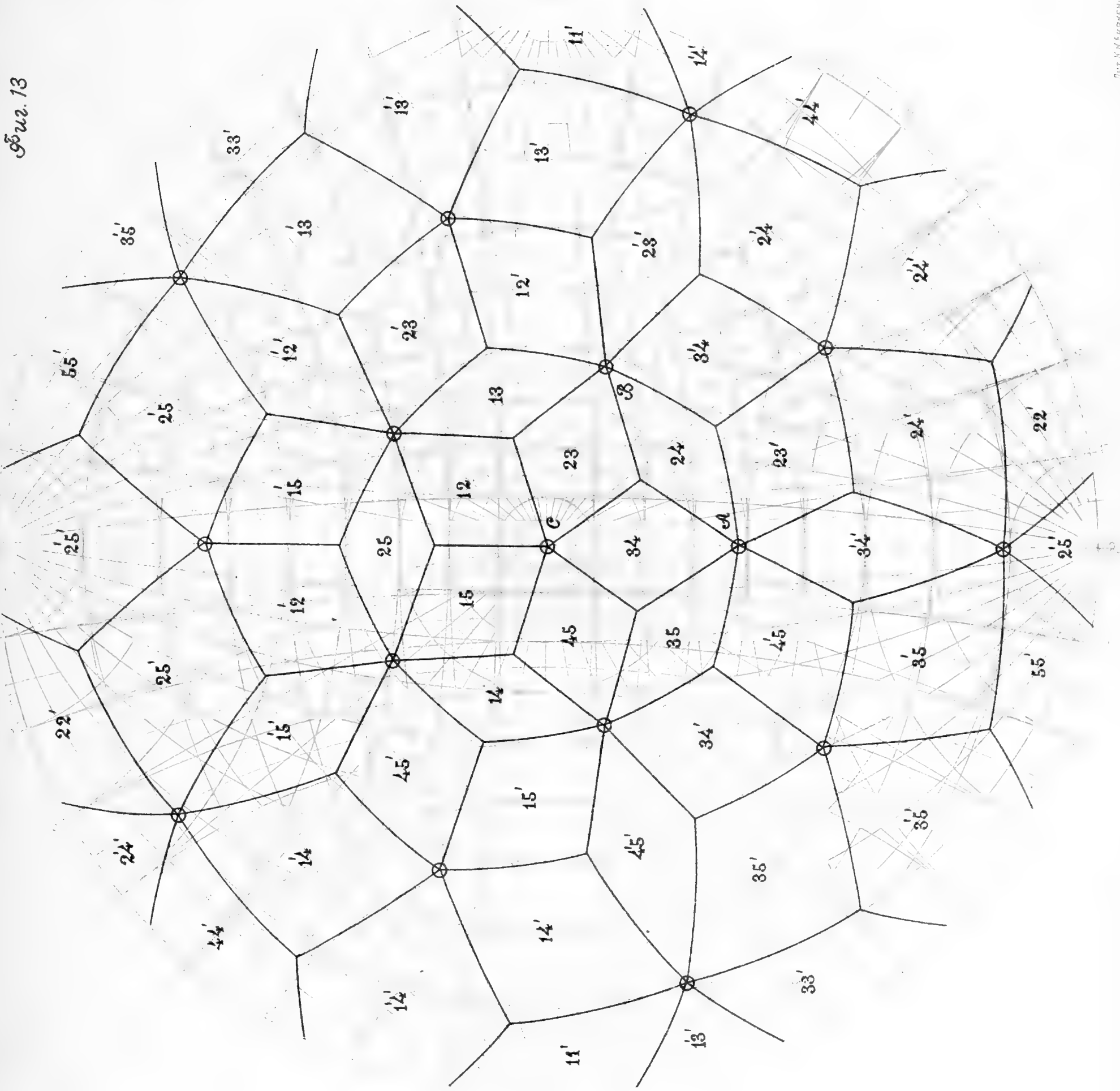
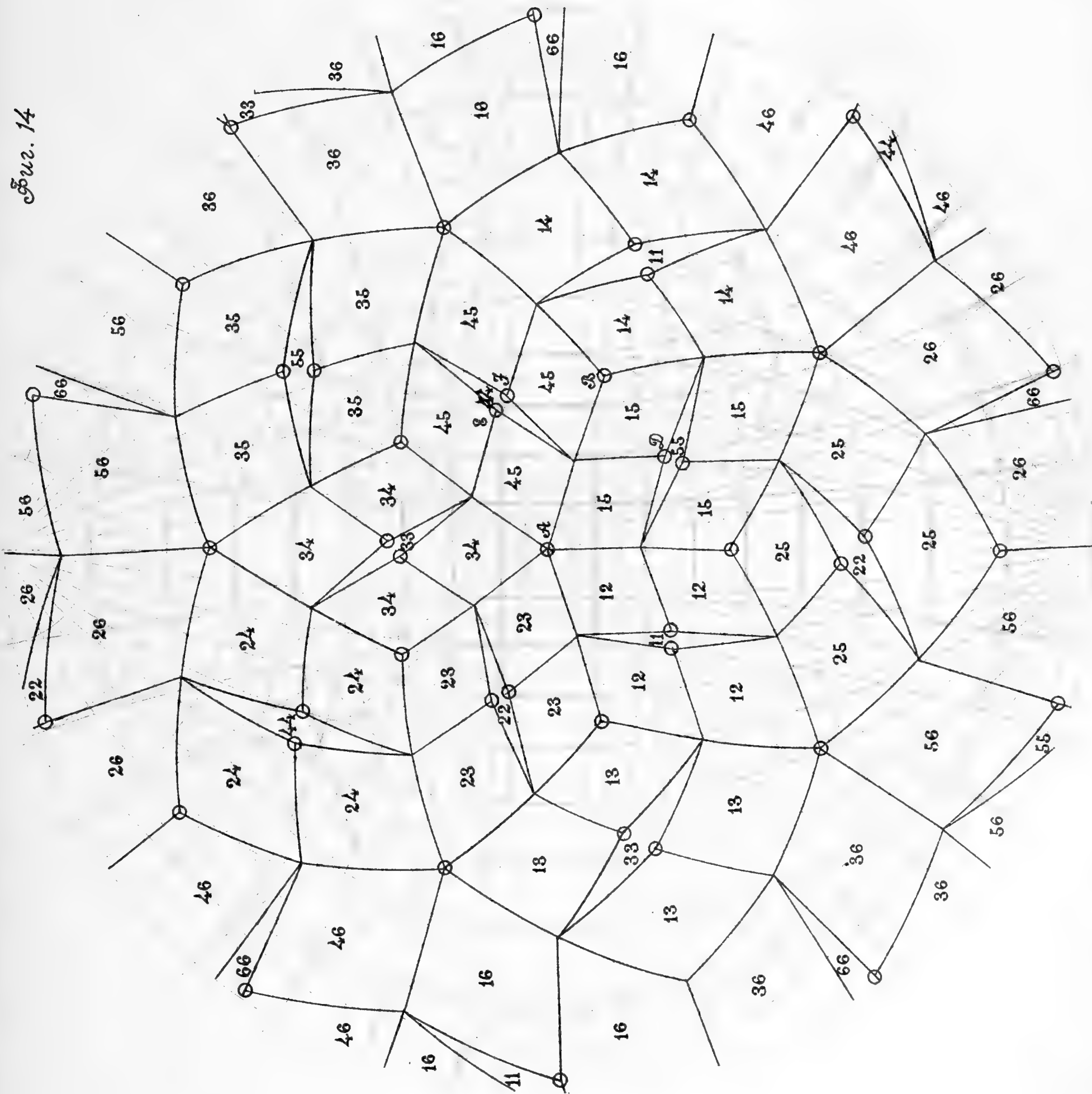


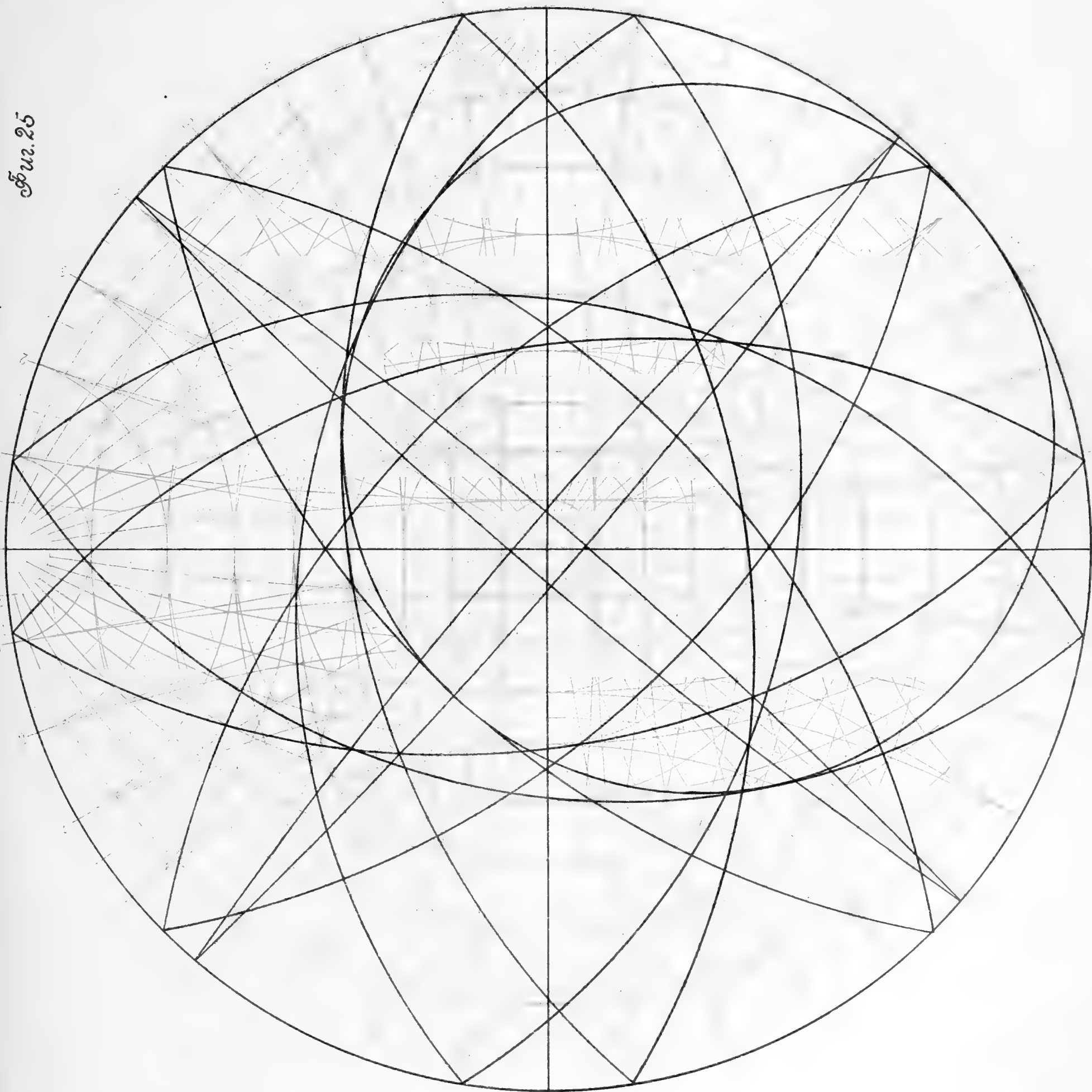
Fig. 14



A complex geometric diagram featuring multiple overlapping circles and arcs, forming a series of nested, elongated shapes. The diagram is centered on a horizontal axis and includes several small, dark, cross-like marks along the inner curves. The overall structure resembles a stylized, elongated mandala or a technical drawing of a lens or optical system.



หน้า 25





13,373

ЗАПИСКИ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.

MÉMOIRES

DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG.

VIII^e SÉRIE.

ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОТДѢЛЕНІЮ.

CLASSE PHYSICO-MATHÉMATIQUE.

Томъ XIV. № 2.

Volume XIV. № 2.

**КРИТИЧЕСКІЙ ПЕРЕСМОТРЪ ФОРМЪ
КРИСТАЛЛОВЪ МИНЕРАЛЬНАГО ЦАРСТВА**

(МАТЕРІАЛЫ ПО МОЛЕКУЛЯРНОЙ СТАТИКѢ ОДНОРОДНЫХЪ ТВЕРДЫХЪ ТѢЛЪ).

Е. С. Федорова.

съ 3 фигурами въ текстѣ и 5 таблицами.

(Доложено въ засѣданіи Физико-математическаго отдѣленія 31-го октября 1901 г.).



С.-ПЕТЕРБУРГЪ. 1903. ST.-PÉTERSBOURG.

Продается у комисіонеровъ Императорской
Академіи Наукъ:

П. П. Глазунова, М. Эггера и Комп. и К. Л. Риккера
въ С.-Петербургѣ,
П. П. Карбасникова въ С.-Петерб., Москвѣ, Варшавѣ
и Вильнѣ,
П. Я. Оглоблина въ С.-Петербургѣ и Кіевѣ,
М. В. Ключкина въ Москвѣ,
Е. П. Распопова въ Одессѣ,
П. Киммеля въ Ригѣ,
Фоссъ (Г. Гэссель) въ Лейпцигѣ,
Люзакъ и Комп. въ Лондонѣ.

Commissionnaires de l'Académie IMPÉRIALE des
Sciences:

J. Glasounof, M. Eggers & Cie. et C. Ricker à St.-Péters-
bourg,
N. Karbasnikof à St.-Pétersbourg, Moscou, Varsovie et
Vilna,
N. Oglobline à St. Pétersbourg et Kief,
M. Klukine à Moscou,
E. Raspopof à Odessa,
N. Kymmel à Riga,
Voss' Sortiment (G. Haessel) à Leipsic,
Luzac & Cie. à Londres.

Цена: 2 р. 40 коп. — Prix: 6 Mk.

THE
LIBRARY
OF THE
MUSEUM OF
ART AND
ARCHAEOLOGY
OF THE
UNIVERSITY OF
CAMBRIDGE

ЗАПИСКИ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.

MÉMOIRES

DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG.

VIII^e SÉRIE.

ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОТДѢЛЕНІЮ.

Томъ XIV. № 2.

CLASSE PHYSICO-MATHÉMATIQUE.

Volume XIV. № 2.

**КРИТИЧЕСКІЙ ПЕРЕСМОТРЪ ФОРМЪ
КРИСТАЛЛОВЪ МИНЕРАЛЬНОГО ЦАРСТВА**

(МАТЕРІАЛЫ ПО МОЛЕКУЛЯРНОЙ СТАТИКѢ ОДНОРОДНЫХЪ ТВЕРДЫХЪ ТѢЛЪ).

Е. С. Федорова.

СЪ 3 ФИГУРАМИ ВЪ ТЕКСТѢ И 5 ТАБЛИЦАМИ.

(Доложено въ засѣданіи Физико-математическаго отдѣленія 31-го октября 1901 г.).



С.-ПЕТЕРБУРГЪ. 1903. ST.-PÉTERSBOURG.

Продается у комиссіонеровъ Императорской
Академіи Наукъ:

И. И. Глазунова, М. Эггерса и Комп. и К. Л. Риккера
въ С.-Петербургѣ,
И. П. Карбасникова въ С.-Петербург., Москвѣ, Варшавѣ
и Вильнѣ,
П. Я. Оглоблина въ С.-Петербургѣ и Кіевѣ,
М. В. Ключкина въ Москвѣ,
Е. П. Распонова въ Одессѣ,
Н. Киммеля въ Ригѣ,
Фоссъ (Г. Гэссель) въ Лейпцигѣ,
Люзакъ и Комп. въ Лондонѣ.

Commissionnaires de l'Académie IMPÉRIALE des
Sciences:

J. Glasounof, M. Eggers & Cie. et C. Ricker à St.-Péters-
bourg,
N. Karbasnikof à St.-Pétersbourg, Moscou, Varsovie et
Vilna,
N. Oglobline à St. Pétersbourg et Kief,
M. Klukine à Moscou,
E. Raspopof à Odessa,
N. Kummel à Riga,
Voss' Sortiment (G. Haessel) à Leipsic,
Luzac & Cie. à Londres.

Цена: 2 р. 40 коп. — Prix: 6 Mk.

Напечатано по распоряженію Императорской Академіи Наукъ.

С.-Петербургъ, Мартъ 1903 года.

Непремѣнный Секретарь, Академикъ *Н. Дубровинъ*.

ТИПОГРАФІЯ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ НАУКЪ.

Вас. Остр., 9 линія, № 12.

Приступая къ разработкѣ темы, выставленной въ заглавіи, я не имѣю надобности возвращаться къ изложенію основныхъ принциповъ, на примѣненіи которыхъ зиждется эта разработка, такъ какъ принципы эти съ достаточною подробностью изложены и объяснены въ рядѣ статей автора подъ общимъ заглавіемъ «Beiträge zur zonalen Krystallographie» и особенно въ трехъ послѣднихъ частяхъ этого цикла.

Единственнымъ предшественникомъ въ систематической разработкѣ этой темы является нѣмецкій кристаллографъ В. Гольдшмидтъ въ его капитальныхъ сочиненіяхъ «Index der Krystallformen der Mineralien» (появившихся въ печати по частямъ отъ 1886 до 1891 г.) и особенно въ его «Krystallographische Winkeltabellen», солидномъ и, даже можно сказать грандіозномъ, трудѣ, появившемся въ 1897 году. Въ этомъ томѣ, почти сплошь состоящемъ изъ численныхъ значеній сферическихъ координатъ граней натуральныхъ кристалловъ, резюмируются всѣ свѣдѣнія о формахъ кристалловъ минеральнаго царства въ критической обработкѣ, сдѣланной этимъ извѣстнымъ кристаллографомъ. Можно сказать, что этотъ трудъ, послужившій основаніемъ моего настоящаго труда, только и сдѣлалъ его возможнымъ, такъ какъ мнѣ уже пришлось пользоваться не непосредственно сырымъ кристаллографическимъ матеріаломъ, а матеріаломъ, уже подвергшимся серьезной научной критикѣ.

Съ перваго взгляда можетъ показаться даже страннымъ, зачѣмъ послѣ такого короткаго промежутка времени могъ понадобиться второй коренной пересмотръ того же матеріала. Однако, если принять во вниманіе, что тѣ законы, на которые опирается новый пересмотръ, выяснились только въ самые послѣдніе годы, такъ же какъ и тѣ принципиальныя положенія, вытекающія изъ этихъ законовъ, которыя положены въ основу, то станетъ ясно, что пересмотръ дѣйствительно необходимъ. Особенное же значеніе имѣетъ выясненіе того обстоятельства, что міръ кристалловъ оказывается не единичнымъ, но рѣзко распадается на два царства, названныя типами: кубическимъ и гипогексагональнымъ. Выясненіе этихъ законовъ дѣлаетъ ту установку кристалловъ, которая вообще могла быть принятой до настоящаго времени, рѣшительно недопустимой и настоятельно требовало прежде всего раздѣленія другъ отъ друга кристалловъ, относящихся къ этимъ двумъ типамъ; а въ этомъ

состоить существеннѣйшая задача настоящаго изслѣдованія, по отношенію къ которой все остальное является второстепеннымъ.

Теперь къ правильной установкѣ кристалловъ, то есть въ сущности къ выясненію тѣхъ данныхъ, которыми обуславливается опредѣленное правильное расположеніе частицъ однородныхъ твердыхъ веществъ, предъявляются совсѣмъ иныя требованія, чѣмъ тѣ, которыя служили для установки кристалловъ вообще. При прежнемъ взглядѣ на вещи рѣшеніе этого вопроса носило на себѣ характеръ извѣстной произвольности и субъективности, отъ чего не осталось и слѣда при новомъ взглядѣ. Но вмѣстѣ съ тѣмъ оказывается возможнымъ признать установку за правильную лишь при существованіи на лицо опредѣленнаго числа минимальныхъ данныхъ, полученныхъ при изученіи всякаго даннаго кристалла. Теперь уже нельзя вести и рѣчи о правильной установкѣ, если напр. извѣстны всего четыре грани, изъ коихъ никакія три не находятся въ одномъ и томъ же поясѣ: необходимо получить данныя, которыя могли бы свидѣтельствовать о принадлежности наблюденныхъ формъ къ опредѣленнымъ періодамъ развитія комплекса. Это условіе совершенно необходимое.

Но именно по этой причинѣ большое количество, можетъ быть даже значительное большинство изъ всѣхъ вообще извѣстныхъ кристалловъ, еще не можетъ быть правильно установлено: имѣющихся о нихъ данныхъ слишкомъ недостаточно для поставленной цѣли. По той же причинѣ для рѣшенія вопросовъ этого рода предпочтительнымъ матеріаломъ служатъ именно кристаллы минеральнаго царства, въ общемъ изученные гораздо подробнѣе, чѣмъ всѣ другіе кристаллы, полученные въ лабораторіяхъ. Но, конечно, и между природными кристаллами имѣется очень много такихъ, для которыхъ данныхъ недостаточно, и потому волей неволей пришлось ихъ выпустить изъ нижеслѣдующаго разсмотрѣнія. Я не считалъ нужнымъ отмѣчать ихъ особо, такъ какъ это не прибавило бы ничего положительнаго къ подлежащему труду.

Какъ я уже упомянулъ, я положилъ въ основу критическую обработку, произведенную Гольдшмидтомъ, и подъ словомъ «прежніе символы» подразумѣваю символы, приводимые имъ въ «*Krystallographische Winkeltabellen*». Этимъ я чрезвычайно сокращаю трудъ всѣхъ лицъ, которыя желали бы провѣрить мои выводы: чтобы точно понять приводимое мною, достаточно пользоваться одною упомянутою книгою. Только въ тѣхъ, сравнительно немногихъ, случаяхъ, когда новыя данныя появились послѣ выхода въ свѣтъ этого труда Гольдшмидта и вообще когда имѣющіяся данныя не приведены въ упомянутой книгѣ, я пользуюсь первоисточниками, на которые и ссылаюсь въ примѣчаніяхъ.

Если всего въ теченіе одного года, правда весьма напряженныхъ, занятій можно было осуществить подлежащій трудъ, то это зависитъ отъ простоты метода рѣшенія поставленнаго вопроса, слѣдующаго изъ установленныхъ принциповъ. Въ значительномъ большинствѣ случаевъ было достаточно составить полную діаграмму формъ даннаго минерала (въ гномостереографической проэкціи), чтобы положительно и безъ колебаній рѣшить вопросъ объ установкѣ или придти къ заключенію о невозможности его рѣшенія по недостаточности данныхъ. Но въ очень многихъ случаяхъ діаграмма не давала непосредственно

единичнаго рѣшенія вопроса, а требовала пересмотра нѣсколькихъ допущеній, чаще всего двухъ, иногда трехъ, и въ рѣдкихъ случаяхъ еще большаго числа. Само собою разумѣется, что количество затраченнаго труда во много разъ превосходитъ то, что непосредственно усматривается изъ этого сочиненія. Я вовсе не приводилъ тѣхъ подсчетовъ, которые убѣждали въ правильности установки, принятой Гольдшмидтомъ. Это заняло бы очень много мѣста и притомъ, какъ я полагаю, не достаточно производительно. Въ самомъ дѣлѣ, если даже предположить, что въ моихъ подсчетахъ я упустилъ изъ вида именно то допущеніе, которое соотвѣтствуетъ правильной установкѣ, и, утверждая правильность прежней установки, тѣмъ самымъ впадаю въ ошибку, которая до поры и до времени останется незамѣченною въ научной литературѣ, то вѣдь ошибка такого рода никоимъ образомъ не засариваетъ науки новыми неправильностями, а только въ данномъ пунктѣ не дѣлаетъ шага впередъ; положеніе обработки вопроса ни въ одномъ случаѣ, при принятомъ мною методѣ, не дѣлаетъ шага назадъ, а всякій разъ, когда я прежнюю установку замѣняю новою при приложеніи новыхъ принциповъ, требующихся для этого, дѣлается шагъ впередъ, хотя и въ этихъ случаяхъ шагъ этотъ иногда можетъ оказаться не окончательнымъ, хотя бы въ виду возможности появленія новаго опытнаго матеріала, находящагося въ противорѣчій со сдѣланнымъ шагомъ.

Однако, въ этомъ сочиненіи я не ограничиваюсь раскрытіемъ законовъ развитія формъ по періодамъ въ каждомъ данномъ минералѣ, но дѣлаю шагъ дальше, производя первую попытку сопоставить на одной общей діаграммѣ основныя формы всѣхъ натуральныхъ кристалловъ одного и того же типа. Такая попытка вообще сдѣлалась возможною лишь съ того момента, какъ выяснились основныя законы развитія формъ вообще. Значеніе такой попытки съ разныхъ точекъ зрѣнія столь велико, что эта добавочная часть труда должна бы представить не меньшую научную цѣнность, чѣмъ все остальное, если только будутъ признаны правильными руководящія соображенія, на коихъ эта попытка основана.

Нельзя не видѣть существенныхъ трудностей какъ въ правильной постановкѣ этого вопроса, такъ и въ его разрѣшеніи. Трудности въ этомъ случаѣ таковы, что въ виду перваго шага, дѣлаемаго въ этомъ направленіи, можно было попустить нѣкоторую степень точности, чтобы не затрачивать громаднаго труда тамъ, гдѣ еще возможно внесеніе нѣкоторыхъ измѣненій въ самой принципіальной постановкѣ дѣла.

Прежде всего ясно, что для кристалловъ разнаго типа не можетъ быть единичной, для всѣхъ общей установки, такъ какъ въ ихъ комплексахъ нѣтъ рѣшительно ничего общаго, связывающаго всѣ кристаллы безразлично.

Другое дѣло всѣ тѣ кристаллы, которые связаны между собою принадлежностью къ одному и тому же типу. Если въ одномъ изъ этихъ кристалловъ имѣются какіе-нибудь элементы симметріи, а это составляетъ общій случай, то эти элементы входятъ уже въ составъ высшаго вида симметріи, одного для cadaго типа, а именно: гексакись-октаэдрическаго для кубическаго и дигексагонально-бипирамидальнаго для гипогексагональнаго типа. Сопоставленіе комплексовъ какихъ бы то ни было кристалловъ одного и того же типа, при

достаточномъ числѣ элементовъ симметріи, является напередъ точно обусловленнымъ; при этомъ всякій разъ соотвѣтственныя оси эллипсоидовъ сингоніи сопоставляемыхъ кристалловъ въ точности совпадаютъ между собою.

Нѣкоторая неопредѣленность въ общемъ сопоставленіи является лишь при недостаточномъ числѣ элементовъ симметріи. Понятно, что именно въ этихъ случаяхъ эллипсоидъ сингоніи есть необходимо эллипсоидъ съ тремя различными осями: большою, среднею и малою. И вотъ само собою выясняется рѣшеніе вопроса въ самомъ общемъ случаѣ: нужно опредѣлить въ каждомъ случаѣ эти три оси, и въ сопоставляемыхъ кристаллахъ привести соотвѣтственныя оси къ совмѣщенію. Тогда въ самомъ сопоставленіи не останется ничего произвольнаго, ничего субъективнаго, и всѣ изслѣдователи, совершенно независимо отъ ихъ личныхъ взглядовъ въ другихъ отношеніяхъ, будутъ въ состояніи сопоставить каждый данный кристаллъ въ однородной оріентировкѣ со всѣми остальными.

Въ качествѣ перваго руководящаго принципа при составленіи діаграммъ я и принялъ:

1) для кристалловъ кубическаго типа:

за оси $[100]$ и $[010]$ тѣ двѣ оси эллипсоида сингоніи, которыя ближе всего другъ къ другу по величинѣ, и притомъ, если онѣ не точно равны между собою, то первую за большую, а вторую за меньшую. Положеніе третьей оси эллипсоида такимъ образомъ опредѣляется само собою.

2) для кристалловъ гипогексагональнаго типа:

въ этомъ случаѣ мы можемъ непосредственно отличать ось эллипсоида, ближайшую къ кристаллографической оси $[1000]$, и двѣ другія, изъ которыхъ одна образуетъ наименьшій уголъ съ осью $[010\bar{1}]$, а другая съ осью $[0121]$.

Однако, хотя такимъ образомъ и устанавливается съ полною строгостью принципиальная основа для единообразной оріентировки всякаго кристалла даннаго типа, но на практикѣ строгое проведеніе этого принципа для моноклинныхъ и триклинныхъ кристалловъ наткнулось бы на чрезвычайныя трудности, хорошо понятныя всѣмъ, знакомымъ съ теоріею эллипсоидовъ. Въ виду этого я замѣнилъ это рѣшеніе рѣшеніемъ приближеннымъ, но достигаемымъ безъ всякой особой трудности.

Прежде всего я совершенно исключилъ изъ нанесенія на діаграммы кристалловъ триклинныхъ, если только таковыя почти въ точности не совпадаютъ съ моноклинными (псевдомоноклинные въ тѣсномъ смыслѣ слова). Результатъ сопоставленій мало теряетъ отъ этого, такъ какъ въ числѣ натуральныхъ кристалловъ, вошедшихъ въ разсмотрѣніе, очень мало триклинныхъ, да и изъ имѣющихся нѣкоторые (напр. полевые шпаты) входятъ въ одну естественную группу съ кристаллами моноклинными, такъ что и отъ нихъ имѣются на общей діаграммѣ представители группы.

Во всѣхъ остальныхъ случаяхъ прежде всего нужно имѣть въ виду положеніе элементовъ симметріи. Какъ упомянуто, за оси $[100]$ и $[010]$ въ кристаллахъ кубическаго типа приняты тѣ двѣ оси, которыя изъ трехъ стоятъ ближе всего другъ къ другу по величинѣ, и притомъ большая всегда принималась за $[100]$, а меньшая за $[010]$.

Ради простоты допущено даже небольшое дальнѣйшее отступленіе отъ общаго принципа, а именно:

Мы определяемъ въ каждомъ изъ трехъ основныхъ поясовъ углы между двумя гранями H и одною изъ граней D . За грани (100) и (010) принимаемъ тѣ двѣ изъ трехъ граней H , которыя съ гранью D образуютъ два угла съ наименьшею разностью, и тогда та грань, которая съ D образуетъ больший уголъ, принимается за (100), а другая будетъ (010). Если между ними не прямой уголъ, то принимается въ расчетъ только острый.

Если такой методъ нанесенія кристалловъ на общую діаграмму не вполне точенъ въ принципиальномъ отношеніи, то зато онъ отличается наибольшею простотою въ выполненіи. Онъ становится совершенно точнымъ для ромбическихъ, тетрагональныхъ и гексагональныхъ кристалловъ. Для двухъ первыхъ видовъ сингоніи кристаллографическія оси и вмѣстѣ съ тѣмъ оси эллипсоида сингоніи въ точности совпадаютъ съ тремя полюсами діаграммы. Въ случаѣ гексагональныхъ кристалловъ кубическаго типа грань (111) приводится въ точное совмѣщеніе съ тою точкою на діаграммѣ, которая для кубическихъ кристалловъ соотвѣтствовала бы этой грани, и тогда само собою грани (100), (010) и (001) попадаютъ на тѣ дуги большаго круга, которыя соединяють эту точку съ тремя полюсами діаграммы.

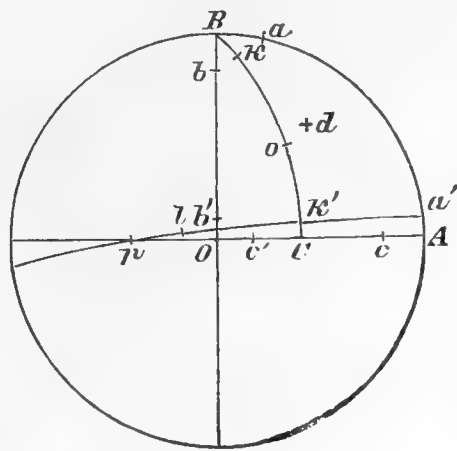
Остается лишь подробнее рассмотреть случай моноклинных кристаллов.

Прежде всего замѣчу, что въ противоположность тремъ предыдущимъ видамъ сингоніи комплексъ кристалла моноклиннаго не можетъ быть на діаграммѣ опредѣленъ одною единственною точкою.

Въ самомъ дѣлѣ, въ самомъ общемъ случаѣ одна точка на діаграммѣ требуетъ для своего опредѣленія *двухъ* сферическихъ координатъ. Это вполне соотвѣтствуетъ кристалламъ ромбической сингоніи, опредѣляемымъ двумя константами. Въ частныхъ случаяхъ тетрагональной и гексагональной сингоніи комплексъ опредѣляется *одною единственною* константою, а потому точка на діаграммѣ, отмѣчающая положеніе грани (111), имѣетъ специальное положеніе для тетрагональныхъ кристалловъ, а для гексагональныхъ подобное же специальное положеніе имѣетъ точка, отмѣчающая положеніе грани (100).

Но моноклинные кристаллы опредѣляются *тремя* константами, а потому ихъ комплексъ на діаграммѣ уже не можетъ быть отмѣченъ одною точкою, а долженъ быть отмѣченъ двумя точками, изъ которыхъ одна имѣетъ общее положеніе (опредѣляется двумя независимыми сферическими координатами), а другая специальное (одна изъ сферическихъ координатъ опредѣляется напередъ). Чтобы облегчить отысканіе соотвѣтственныхъ точекъ, мы вездѣ для моноклинныхъ кристалловъ точки замѣнили прямыми крестиками, а при каждомъ изъ нихъ подписано названіе минерала.

Всѣ встрѣчавшіеся случаи ориентировки моноклинныхъ кристалловъ кубическаго типа приводятся къ четыремъ слѣдующимъ (фиг. 1):



Фиг. 1.

1) главная единичная плоскость совпадаетъ съ гранью (100). Въ такомъ случаѣ двѣ, уже перпендикулярныя другъ къ другу, но перпендикулярныя къ грани (100) $a' = (010)$ и $a = (001)$ занимаютъ специальное положеніе на окружности AB круга проэкціи. Такъ какъ въ расчетъ принимается только острый уголъ, то для нанесенія этихъ точекъ мы находимъ разность между прямымъ угломъ и угломъ aa' , и откладываемъ уголъ Ba , равный половинѣ этой разности. Черезъ это одновременно опредѣляется и положеніе точки a' , почему и нѣтъ никакой надобности выставять ее на діаграммѣ. Грань же (100) въ этомъ случаѣ совпадаетъ съ центромъ проэкціи; остается по двумъ сферическимъ координатамъ опредѣлить положеніе грани $d = (111)$, и комплексъ на діаграммѣ получилъ точное опредѣленіе.

2) главная единичная плоскость совпадаетъ съ гранью (010). Вся разница этого случая отъ предыдущаго состоитъ въ томъ, что специальная точка $b = (001)$ попадетъ не на окружность круга проэкціи, а на діаметръ OB .

3) главная единичная плоскость совпадаетъ съ гранью (001). Разница отъ предыдущаго случая состоитъ лишь въ томъ, что специальная точка $c = (010)$, отмѣчающая комплексъ, попадетъ не на діаметръ OB , а на діаметръ OA .

4) главная единичная плоскость не совпадаетъ ни съ одною изъ основныхъ граней (100), (010), (001).

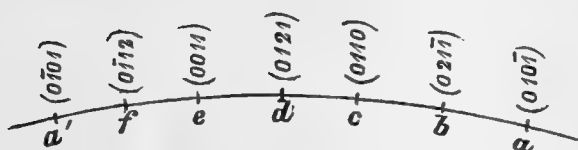
Въ такомъ случаѣ мы принимаемъ ее за грань $p = (1\bar{1}0)$. Соответствующая ей граммастереографическая проэкція есть дуга большого круга BoC , дѣлящая пополамъ прямой уголъ между BA и BO . На этой дугѣ должны находиться полюсы граней $k = (001)$ и $k' = (110)$. Принимая въ расчетъ только острый уголъ kk' , мы находимъ разность между прямымъ и этимъ угломъ и на упомянутой дугѣ откладываемъ уголъ Bk , равный половинѣ этой разности. Ясно, что, отмѣтивъ такимъ образомъ точку k , мы тѣмъ самымъ дѣлаемъ излишнимъ еще отмѣчать точку k' ; затѣмъ по углу ko между (001) и (111) находимъ точку o (111) специального положенія, и наконецъ проводимъ дугу большого круга $k'p$ и на ней по углу между $k' = (110)$ и $l = (100)$ находимъ точку l (100) общаго положенія.

Двѣ точки o и l вполне опредѣляютъ комплексъ даннаго моноклиннаго минерала и дѣлаютъ излишнимъ отмѣчать какую бы то ни было изъ точекъ k или k' . Въ самомъ дѣлѣ, проведя дугу большого круга pl , мы тѣмъ самымъ на дугѣ BoC отмѣчаемъ точку k' , а по ней на той же дугѣ опредѣляется и точка k .

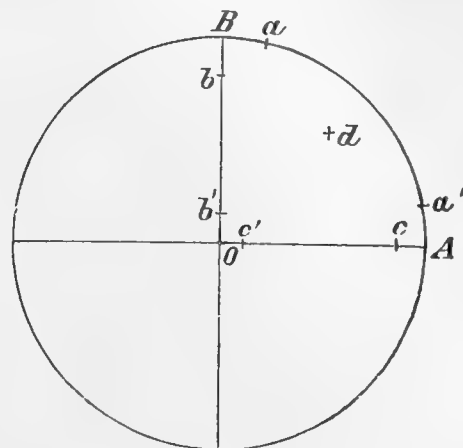
Переходимъ къ моноклиннымъ кристалламъ гипогексагональнаго типа.

Прежде всего мы по общему правилу раздѣленія на періоды находимъ изъ каждой діаграммы ту дугу большого круга, на которой находятся проэкціи граней главнаго гипогексагональнаго пояса, то есть граней a (010 $\bar{1}$), b (021 $\bar{1}$), c (0110), d (0121), e (0011) и f (0 $\bar{1}$ 12). Зная положеніе этихъ граней въ проэкціи, мы легко опредѣляемъ углы между (010 $\bar{1}$) и (0121), между (0110) и (0 $\bar{1}$ 12), между (0011) и (021 $\bar{1}$) (фиг. 2). Если всѣ эти углы не прямые, то вообще одинъ изъ этихъ угловъ составляетъ съ прямымъ меньшую

разность, чѣмъ оба остальные. Такимъ образомъ найдемъ двѣ строго опредѣленныя грани, которыя и отмѣтимъ какъ $(010\bar{1})$ и (0121) . Но если эти углы не прямые, то въ моноклинномъ кристаллѣ непремѣнно грань B (1000) будетъ перпендикулярна ко всѣмъ гранямъ этого пояса (фиг. 3). Опредѣливъ уголъ ad (фиг. 2) (принимая въ расчетъ только острые



Фиг. 2.



Фиг. 3.

углы) и получивъ разность между прямымъ и этимъ угломъ, мы на общей діаграммѣ отмѣтимъ точку c такъ, чтобы уголъ Ac былъ равенъ половинѣ этой разности, и притомъ примемъ за точку c грань (0121) ; тогда сама собою опредѣляется и точка c' $(010\bar{1})$; этимъ ориентировка кристалла вполне опредѣлена, и для полного выраженія даннаго комплекса достаточно найти точку $d = (1110)$ общаго положенія, и задача рѣшена.

Разсмотрѣнный случай, когда главною единичною плоскостью является грань (1000) , есть, какъ увидимъ дальше, самый частый въ моноклинныхъ натуральныхъ кристаллахъ гипогексагональнаго типа.

Но встрѣчаются и другіе случаи.

Имѣются кристаллы, въ которыхъ эта плоскость есть $(010\bar{1})$ или такіе, въ которыхъ эта плоскость есть (0121) .

Въ первомъ случаѣ эта плоскость будетъ представлена на діаграммѣ точкою O , то есть центромъ проэкции, а грани пояса $\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$ будутъ всѣ къ ней перпендикулярны.

Принимая въ расчетъ только острый уголъ между (1000) и (0121) , мы по вышеизложеннымъ правиламъ легко найдемъ на діаграммѣ точку спеціальнаго положенія $a = (1000)$ (вмѣстѣ съ нею опредѣлится и точка $a' = 0121$).

Во второмъ случаѣ эта плоскость будутъ представлена на діаграммѣ точкою A , а грани пояса $\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \end{vmatrix}$ будутъ всѣ къ ней перпендикулярны.

Опять принимая въ расчетъ только острый уголъ между (1000) и $(010\bar{1})$ мы по тѣмъ же правиламъ легко найдемъ точку спеціальнаго положенія $b = (1000)$ (вмѣстѣ съ нею опредѣлится и точка $b' = 010\bar{1}$).

Другихъ же случаевъ въ моноклинныхъ кристаллахъ не встрѣчается.

Только что изложеннымъ вполне опредѣляется порядокъ нанесенія минераловъ на общую діаграмму.

Въ виду большого ихъ числа пришлось раздѣлить общую діаграмму на части. Для удобства я принялъ за основанія дѣленія классы минераловъ по Гроту. Въ то же время оказалось возможнымъ уменьшить число таблицъ почти въ четыре раза, нанося на одну и ту же таблицу два класса минераловъ, пользуясь правою и лѣвою половинами стереографической сѣтки; кромѣ того оказалось возможнымъ на одной общей половинѣ показать минералы обоихъ типовъ. Такая возможность обуславливается закономъ, раскрывающимся при изученіи большого матеріала этого труда. Подробнѣе объ этомъ законѣ и другихъ законностяхъ, относящихся къ молекулярной статикѣ однородныхъ твердыхъ тѣлъ, изложено въ заключеніи.

Я нашелъ удобнѣе при нанесеніи минераловъ на общую діаграмму отмѣчать ихъ иностранными названіями. Черезъ это дается возможность пользоваться ими ученымъ всѣхъ странъ, нисколько не стѣсняя и пользованіе русскими учеными, такъ какъ всѣмъ послѣднимъ, конечно, иностранныя названія извѣстны хорошо.

І-й КЛАССЪ.

Элементы.

Къ этому классу относятся такъ называемые самородные элементы, то есть вещества, химическій составъ которыхъ выражается знакомъ одного единственного элемента.

Въ природѣ таковыхъ веществъ встрѣчается не такъ много. Гораздо больше извѣстно ихъ полученными въ лабораторіяхъ. Тѣмъ не менѣе свѣдѣнія эти, въ сущности особенно важныя для кристаллографіи, еще слишкомъ неполны. Болѣе широкій обзоръ кристаллическихъ формъ таковыхъ тѣлъ былъ сдѣланъ авторомъ въ III изданіи «Курса кристаллографіи» (Глава XV). Изъ этого обзора вытекаетъ, что въ кристаллизаціи этихъ тѣлъ замѣчается особенность, которую можно формулировать такъ: *комплексы кристаллизованныхъ элементовъ есть комплексы кристалловъ кубическихъ или выводные изъ нихъ*. Подъ словомъ «выводные» подразумѣвается то же отношеніе комплексовъ, которое констатировано вообще въ кристаллахъ тѣлъ полиморфныхъ, о чемъ достаточно трактуется въ томъ же изданіи ¹⁾.

Для настоящей нашей цѣли приходится ограничиться нанесеніемъ на діаграмму весьма немногихъ изъ этихъ тѣлъ, извѣстныхъ въ формѣ минераловъ. Но даже и этотъ списокъ сокращается въ значительной степени, такъ какъ абсолютное большинство относящихся

1) Пользуюсь случаемъ, чтобы отмѣтить опечатку | токъ. На стр. 427 вмѣсто *М* набрано *Н*, почему вмѣ-
въ этомъ изданіи, не попавшую въ списокъ опеча- | сто *Мg* вышло *Hg*.

сюда тѣль кристаллизуется въ формахъ кубической сингоніи, и слѣдовательно нанесенію на діаграмму не подлежитъ.

Сюда относятся именно алмазъ, платина, иридій, иридистая платина, палладій, желѣзо (также никелистое), свинецъ, мѣдь, серебро, амальгама¹⁾, ртуть (кристаллы, конечно, получены только искусственно), золото.

Подлежатъ нанесенію на діаграмму только слѣдующіе минералы:

графитъ, сѣра, теллуръ, мышьякъ, сурьма, висмутъ, олово, осмистый иридій.

1. Графитъ.

Кристаллизація весьма мало извѣстна, но все-таки при ясно гипогексагональномъ развитіи формъ этого дитригонально-скаленоэдрическаго минерала опредѣлено 5 формъ, изъ которыхъ можно сдѣлать выводъ, правильность котораго имѣетъ большую степень вѣроятности²⁾.

2. Сѣра.

Природная сѣра ясно относится къ гипогексагональному типу, и для нея придется принять уравненіе преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_1 : 2p_2 : p_2 + p_3 : -p_2 + p_3.$$

На основаніи этихъ равенствъ составляемъ таблицу:

<i>H</i>	1000	100	<i>H</i>	<i>Aa</i>	1330	133	<i>Ab</i>
—	0011	001	<i>H</i>	<i>Aα</i>	2033	103	<i>Aa</i>
—	0110	011	<i>D</i>	<i>Ab</i>	3341	335	<i>Aαc</i>
<i>D</i>	0211	010	<i>H</i>	<i>Aβ</i>	3352	337	<i>Aaαγ</i>
—	0121	013	<i>Aa</i>	<i>Ac</i>	2253	114	<i>Aaγ</i>
—	1110	111	<i>O</i>	<i>Aγ</i>	1143	117	<i>Aa⁴γ</i>
<i>O</i>	1211	120	<i>A</i>	—	3121	313	<i>Ab</i>
—	1121	113	<i>Aγ</i>	—	1341	135	<i>CA</i>
<i>A</i>	0321	031	<i>Aa</i>	<i>BC</i>	5532	551	<i>Aa²b</i>
—	2011	101	<i>D</i>	<i>CB</i>	4431	221	<i>B</i>
—	1220	122	<i>B</i>	<i>Ca</i>	6431	321	<i>Ca</i>
<i>B</i>	2231	112	<i>C</i>	<i>Aa²</i>	0451	023	<i>Aα</i>
<i>C</i>	2211	110	<i>D</i>	<i>Aaα</i>	3440	344	<i>Aaβ</i>
—	1132	115	<i>Aa²γ</i>	<i>Aaγ</i>	1154	119	<i>Aa⁶γ</i>

1) Въ природѣ извѣстны амальгамы серебряная и золотая. алмазу указывалось авторомъ въ «Zeitschrift für Kristallographie» 31, 19 и въ III изд. «Курса кристаллографіи» стр. 416.

2) Отношеніе кристаллизаціи этого минерала къ

—	132 $\bar{1}$	131	$A\gamma$	—	421 $\bar{1}$	210	A
\mathfrak{A}	332 $\bar{1}$	331	Ab	$A\gamma B$	554 $\bar{1}$	553	$A\alpha\beta$
—	153 $\bar{2}$	151	$Aa^2\gamma$				
—	3132	315	CA				

Отсюда выводится слѣдующее сопоставленіе для новой и старой установокъ:

для новой	$H(3)$	$A(3)$	Aa	Aa^2				
	$D(3)$	B	$A\alpha$	$Aa\alpha$				
	$O(2)$	$C(3)$	Ab	$Aa\gamma(2)$				
		$\mathfrak{A}(3)$	$A\beta$	$A\gamma B$				
			Ac					
			$A\gamma(3)$					
			BC					
			CB					
			$\mathfrak{A}a$					
	8	10	11	5				34
для старой	$H(3)$	$A(2)$	$Aa(3)$	$Aa\beta$	Aa^2b	$Aa^4\gamma$	$Aa^6\gamma$	
	$D(3)$	$B(2)$	$A\alpha$	$Aa\gamma$	$Aa^2\gamma(2)$			
	O	C	$Ab(3)$	$A\alpha\beta$	$Aa\alpha\gamma$			
		\mathfrak{A}	$A\gamma(2)$	$A\alpha c$				
			$CA(2)$					
	7	6	11	4	4	1	1	34

Не очень часто такъ рѣзко выражаются преимущества новой установки. Эти преимущества выражаются не только въ повышеніи чиселъ формъ первыхъ двухъ періодовъ (особенно второго), но и въ значительномъ пониженіи періодовъ вообще: при новой установкѣ высшій періодъ IV, при старой IX. Однако нельзя не отмѣтить особенности развитія формъ этого минерала, проявляющейся въ особомъ ихъ разнообразіи и присутствіи рѣдкихъ формъ вообще, какъ напр. BC , $\mathfrak{A}a$ и т. п.

3. Теллуръ. 4. Мышьякъ. 5. Сурьма. 5. Висмутъ.

Всѣ эти минералы настолько близки по своимъ кристаллическимъ формамъ, ясно кубическаго типа, хотя и гексагональной сингоніи, что должны разсматриваться совмѣстно, какъ принадлежащіе одному и тому же естественному ряду. Для нихъ всѣхъ дѣйствительны одни и тѣ же уравненія преобразованія:

$$p_1 : p_2 : p_3 = -q_1 + q_4 : q_1 + q_2 + q_4 : -q_2 + q_4.$$

На основаніи этого составляемъ общую таблицу:

				<i>Te</i>	<i>Ar</i>	<i>An</i>	<i>Bi</i>	
<i>H</i>	001	11 $\bar{2}$ 1	<i>O</i>	+	+	—	+	3
<i>D</i>	101	$\bar{1}$ 122	<i>C</i>	—	+	+	+	3
—	$\bar{1}$ 10	10 $\bar{1}$ 0	<i>H</i>	—	—	+	—	1
<i>O</i>	111	0001	<i>H</i>	+	+	+	+	4
—	1 $\bar{1}$ 1	2241	<i>B</i>	—	—	+	+	2
<i>A</i>	021	10 $\bar{1}$ 1	<i>D</i>	—	—	+	—	1
<i>B</i>	2 $\bar{1}$ 2	$\bar{1}$ 121	<i>O</i>	+	—	—	+	2
<i>C</i>	$\bar{1}$ 21	11 $\bar{2}$ 0	<i>D</i>	+	—	—	—	1
—	121	11 $\bar{2}$ 4	<i>Aa</i> γ	—	+	+	—	2
<i>Ab</i>	3 $\bar{1}$ 3	$\bar{4}$ 485	<i>Aa</i> ² <i>c</i>	—	—	—	+	1
<i>CA</i>	241	30 $\bar{3}$ 1	<i>Aa</i>	+	—	—	—	1
<i>Aa</i> ²	503	$\bar{7}$ 188	<i>Aa</i> ³ γ <i>B</i>	—	—	+	—	1
<i>Aa</i> ² β	545	3362	<i>A</i> β	—	+	—	—	1

Отсюда выводимъ сопоставленіе установокъ:

для новой	<i>H</i> (3) <i>D</i> (4) <i>O</i> (6)	<i>A</i> <i>B</i> (2) <i>C</i> (3)	<i>Ab</i> <i>CA</i>	<i>Aa</i> ²	<i>Aa</i> ² β	
	13	6	2	1	1	23
для старой	<i>H</i> (5) <i>D</i> (2) <i>O</i> (5)	<i>B</i> (2) <i>C</i> (3)	<i>Aa</i> <i>A</i> β	<i>Aa</i> γ (2)	<i>Aa</i> ² <i>c</i>	<i>Aa</i> ³ γ <i>B</i>
	12	5	2	2	1	1 23

Хотя, благодаря слабости развитія комплексовъ, разница и не такъ бросается въ глаза, какъ въ предыдущемъ случаѣ, но все-таки вполне отчетлива.

6. Олово.

Въ этомъ тетрагональномъ минералѣ прежняя установка должна быть признана правильною.

7. Осмистый иридій.

Прежняя гиногексагональная установка должна быть признана правильною.

II-й КЛАССЪ.

Сѣрнистыя и аналогичныя соединенія.

Въ этомъ классѣ слѣдующіе минералы кубической сингоніи, какъ таковыя, не подлежатъ нанесенію на діаграмму:

ольдямитъ, сфалеритъ, алабандинъ, троилитъ, пентландитъ, гауеритъ, пиритъ, кобальтинъ, герсдорфитъ, корикитъ, ульманитъ, вильямитъ, каллилитъ, имальтинъ, хлоантитъ, спериллитъ, лауритъ, скуттерудитъ, галенитъ, клаусталитъ, алтаитъ, аргентитъ, ятаитъ, авиларитъ, науманитъ, ейкайритъ, тесситъ, метациннабаритъ, онофритъ, тиманнитъ, колорадоитъ, борнитъ, линнеитъ, кубанъ, каролитъ, сизнодимитъ, полидимитъ, тетраэдритъ (включая биннитъ), швацитъ, беегеритъ, полмарширитъ, станнинъ, канфильдитъ, аргиродитъ.

Изъ остальныхъ многіе соединяются въ естественныя группы, которыя мы и будемъ разсматривать вмѣстѣ. Но не всегда близкая химическая аналогія и частичный изоморфизмъ сказываются въ одинаковости формъ; напротивъ того, нерѣдки и гетероморфныя соотношенія, и тогда, конечно, формы должны изучаться раздѣльно. Ближайшимъ примѣромъ этого будетъ аурипигментъ въ его отношеніи къ антимониту и бисмутиту.

1. Реальгаръ.

Этотъ моноклинный минералъ приходится отнести къ гипогексагональному типу и воспользоваться слѣдующими равенствами преобразованія:

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + p_3 : p_3 : -p_1.$$

На основаніи этого составляется таблица:

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	<i>Aa</i>	130 $\bar{3}$	310	<i>Aa</i>
—	0110	001	<i>H</i>	—	310 $\bar{1}$	130	<i>Aa</i>
—	010 $\bar{1}$	100	<i>H</i>	—	1033	313	<i>Ab</i>
—	0011	$\bar{1}$ 01	<i>D</i>	—	3011	$\bar{1}$ 31	<i>A\gamma</i>
<i>D</i>	110 $\bar{1}$	110	<i>D</i>	—	3110	031	<i>Aa</i>
—	1110	011	<i>D</i>	<i>A\alpha</i>	230 $\bar{3}$	320	<i>A\alpha</i>
—	021 $\bar{1}$	101	<i>D</i>	—	320 $\bar{2}$	230	<i>A\alpha</i>
—	0 $\bar{1}$ 12	$\bar{2}$ 01	<i>A</i>	—	3220	032	<i>A\alpha</i>
—	1011	$\bar{1}$ 11	<i>O</i>	—	3022	$\bar{2}$ 32	<i>Ac</i>
<i>O</i>	121 $\bar{1}$	111	<i>O</i>	<i>A\gamma</i>	1314	$\bar{4}$ 11	<i>Aa\gamma</i>
—	1121	$\bar{1}$ 12	<i>C</i>	—	3 $\bar{1}$ 12	231	\mathfrak{A}
—	1 $\bar{1}$ 12	$\bar{2}$ 11	<i>C</i>	<i>Aa^2</i>	410 $\bar{1}$	140	<i>Aa^2</i>

<i>A</i>	120 $\bar{2}$	210	<i>A</i>	—	4011	$\bar{1}41$	<i>Aa\gamma</i>
—	210 $\bar{1}$	120	<i>A</i>	<i>Aa\alpha</i>	430 $\bar{3}$	340	<i>Aa\alpha</i>
—	2110	021	<i>A</i>	<i>Aa\gamma</i>	4121	$\bar{1}42$	<i>CA</i>
—	2011	$\bar{1}21$	<i>C</i>	<i>A\alpha a</i>	520 $\bar{2}$	250	<i>A\alpha a</i>
—	1022	$\bar{2}12$	<i>B</i>	<i>A\alpha^2</i>	530 $\bar{3}$	350	<i>A\alpha^2</i>
<i>C</i>	132 $\bar{1}$	112	<i>C</i>	<i>Aa^3</i>	510 $\bar{1}$	150	<i>Aa^3</i>
—	2 $\bar{1}12$	$\bar{2}21$	<i>B</i>	—	5110	051	<i>Aa^3</i>
—	2121	$\bar{1}22$	<i>B</i>	<i>Aa^2\alpha</i>	450 $\bar{5}$	540	<i>Aa^2\alpha</i>
—	1 $\bar{2}13$	$\bar{3}11$	<i>A\gamma</i>	<i>Aa\alpha a</i>	730 $\bar{3}$	370	<i>Aa\alpha a</i>
				<i>Aa^6</i>	8011	$\bar{1}81$	<i>Aa^5\gamma</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

для новой	<i>H</i> (4)	<i>A</i> (5)	<i>Aa</i> (5)	<i>Aa^2</i> (2)	<i>Aa^3</i> (2)	<i>Aa^6</i>
	<i>D</i> (5)	<i>C</i> (3)	<i>A\alpha</i> (4)	<i>Aa\alpha</i>	<i>Aa^2\alpha</i>	
	<i>O</i> (3)		<i>A\gamma</i> (3)	<i>Aa\gamma</i>	<i>Aa\alpha a</i>	
				<i>A\alpha a</i>		
				<i>A\alpha^2</i>		
	12	8	12	6	4	1 43
для старой	<i>H</i> (3)	<i>A</i> (4)	<i>Aa</i> (3)	<i>Aa^2</i>	<i>Aa^3</i> (2)	<i>Aa^5\gamma</i>
	<i>D</i> (4)	<i>B</i> (3)	<i>A\alpha</i> (3)	<i>Aa\alpha</i>	<i>Aa^2\alpha</i>	
	<i>O</i> (2)	<i>C</i> (4)	<i>Ab</i>	<i>Aa\gamma</i> (2)	<i>Aa\alpha a</i>	
		\mathfrak{A}	<i>Ac</i>	<i>A\alpha a</i>		
			<i>A\gamma</i> (2)	<i>A\alpha^2</i>		
			<i>CA</i>			
	9	12	11	6	4	1 43

Мы видимъ отсюда, что новая установка этого моноклиннаго минерала принадлежитъ къ числу не очень твердыхъ. Правда, при ней формъ I періода на 3 больше, но зато сумма формъ I и II періодовъ, взятыхъ вмѣстѣ, даже на одну меньше. Конечно, въ порядкѣ развитія формъ, формамъ I періода принадлежитъ наибольшее значеніе, и въ этомъ отношеніи новая установка имѣетъ ясное преимущество; но все-таки остается непонятнымъ второе изъ указанныхъ обстоятельствъ. Въ пользу новой, или скорѣе противъ старой говоритъ то, что именно въ послѣдней много формъ, вообще болѣе рѣдкихъ, напр. формы *B* и особенно \mathfrak{A} II періода, также присутствіе только одной формы *Aa^2* вмѣсто двухъ новой установки, замѣна *Aa^6* формою *Aa^5\gamma* и пр. Въ общемъ, новая установка является, такимъ образомъ, ближе подходящею къ правильному развитію по законамъ компликаціи. При новой установкѣ уголъ между (010 $\bar{1}$) и (0110) 66°5'; при ней сильно понижается асимметрия комплекса, а именно вмѣсто угла 23°55' между горизонтальною плоскостью и гранью (001) теперь мѣрою асимметріи служитъ уголъ 4°14' составляющій разность между прямымъ и угломъ (010 $\bar{1}$) съ (0121). Изъ дальнѣйшаго выяснится, что это обстоятельство представляетъ весьма сильный доводъ въ пользу новой установки.

2. Аурипигментъ.

Хотя комплексъ этого минерала развитъ и не достаточно значительно, но все-таки имѣется 10 формъ, дающихъ право съ большою вѣроятностью установить его правильно. Онъ представляется отличнымъ отъ комплексовъ антимонита и бисмутита. Чтобы возможно приблизить его комплексъ къ послѣднимъ, пришлось бы форму $v(121)$ принять за (111) . Но нетрудно убѣдиться, что чрезъ это періоды опредѣленныхъ и извѣстныхъ формъ повысились бы. Нѣтъ, слѣдовательно, основанийъ отступать отъ прежней установки, и вмѣстѣ съ тѣмъ приходится признать въ кристаллахъ аурипигмента ясный гетероморфизмъ по отношенію къ кристалламъ антимонита, а именно удлиненіе оси пояса bo вдвое (конечно съ добавочнымъ вторичнымъ измѣненіемъ), что и прямо усматривается изъ діаграммы.

3. Антимонитъ. 4. Бисмутитъ.

Богато развитый комплексъ перваго есть прямо комплексъ псевдокубическій, каковымъ и выражается прежняя его установка, которую и слѣдуетъ считать за правильную. Формы же бисмутита прямо изоморфны съ формами предыдущаго.

5. Тетрадимитъ.

Несмотря на весьма слабо развитый комплексъ этого гексагональнаго минерала (всего 4 формы) въ немъ весьма рѣзко проявляется кубическій типъ, что и усматривается изъ слѣдующаго сопоставленія, имѣющаго въ своемъ основаніи уравненія преобразованія:

$$p_1 : p_2 : p_3 = -q_1 + q_4 : q_1 + q_2 + q_4 : -q_2 + q_4$$

H	010	$11\bar{2}1$	O
O	111	0001	H
—	$1\bar{1}1$	$\bar{2}\bar{2}41$	B
C	121	$11\bar{2}4$	$Aa\gamma$

Изъ четырехъ формъ одна изъ II періода понизилась до I, и одна изъ IV до II.

6. Молибденитъ.

Въ комплексѣ этого гексагональнаго минерала извѣстно всего 4 формы, которымъ придаются символы (0001) , $(10\bar{1}0)$, $(11\bar{2}0)$, $(30\bar{3}1)$. Рѣшительно не видно основанийъ, почему послѣднюю форму не принять за $(10\bar{1}1)$. Тогда всѣ извѣстныя грани отнесутся къ I періоду, что составляетъ довольно распространенное явленіе. Такая установка и принята при нанесеніи на діаграмму.

7. Вуртцитъ. 8. Греенокитъ. 9. Пирротинъ. 10. Никелинъ.

Этотъ рядъ съ перваго взгляда представляетъ вполне естественную группу членовъ, связанныхъ изоморфизмомъ, и гипогексагональная установка, принятая для этихъ гексагональныхъ минераловъ, вообще не возбуждаетъ никакихъ сомнѣній. Исключеніе составляетъ, можетъ быть, только первый изъ этихъ членовъ, для котораго символика упрощается, если главную ось принять вдвое большею.

Это усматривается изъ слѣдующаго сопоставленія:

<i>H</i>	1000	0001	<i>H</i>	<i>A</i>	2011	10 $\bar{1}$ 1	<i>D</i>
—	0011	10 $\bar{1}$ 0	<i>H</i>	<i>Aa</i> ²	1044	81 $\bar{8}$ 1	<i>Aa</i> ⁵ γ
<i>D</i>	1011	20 $\bar{2}$ 1	<i>A</i>	<i>Aa</i> α	5022	40 $\bar{4}$ 5	<i>Aa</i> ⁷ α
—	0121	1 $\bar{1}$ 20	<i>D</i>	<i>Aa</i> ³ α	6055	50 $\bar{5}$ 3	<i>Aa</i> ²

Отсюда усматривается, что пока правильнѣе выдѣлить изъ этого ряда вуртцитъ и принять его гетероморфнымъ по отношенію къ другимъ членамъ ряда, а именно съ вдвое большею главною осью, какъ это и принято на діаграммѣ.

11. Миллеритъ.

Хотя Гротомъ и этотъ минералъ отнесенъ къ одной группѣ съ предыдущими, но при этомъ имъ не принято во вниманіе развитіе формъ, которое стоитъ въ рѣзкомъ противорѣчій съ такимъ допущеніемъ. Гольдшмидтъ принялъ совсѣмъ иную установку съ главною осью, укороченною вчетверо, и эту установку нельзя не признать правильною. Если по отношенію къ вуртциту гетероморфизмъ формъ еще можетъ подвергнуться оспариванію, то по отношенію къ миллериту онъ не можетъ подлежать сомнѣнію.

Если усвоенная здѣсь точка зрѣнія правильна, то въ этомъ естественномъ рядѣ минераловъ мы видимъ весьма любопытное проявленіе гетероморфизма: въ трехъ изъ нихъ проявляется ясный изоморфизмъ, но въ вуртцитѣ главная ось вдвое длиннѣе, а въ миллеритѣ вчетверо короче.

12. Брейтгауптитъ.

Также и относительно этого минерала можно сказать, что установка его, принятая Гольдшмидтомъ, не возбуждаетъ никакихъ сомнѣній, и въ такомъ случаѣ по формамъ этотъ минералъ представляется промежуточнымъ членомъ между упомянутыми раньше и миллеритомъ. Его главная ось приблизительно вдвое больше, чѣмъ у послѣдняго, и вдвое меньше, чѣмъ у предыдущихъ.

13. Марказитъ. 14. Арсенопиритъ. 15. Глаукодотъ. 16. Леллингитъ.

Этотъ по формамъ, равно какъ и по химическому составу, тѣсно связанный рядъ минераловъ представляетъ особенныя затрудненія окончательному опредѣленію установки. Напр., марказитъ нѣсколько лучше выражается какъ гипогексагональный минералъ, арсенопиритъ лучше при обычной установкѣ, какъ кристаллъ кубическаго типа.

Ограничимся приведеніемъ возможной новой установки марказита, какъ гипогексагональнаго минерала, пользуясь уравненіями преобразования:

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_2 : p_1 + p_3 : 2p_1 : p_1 - p_3.$$

Составляемъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	<i>A</i>	120 $\bar{2}$	014	<i>Aa</i> ²
—	010 $\bar{1}$	001	<i>H</i>	—	210 $\bar{1}$	011	<i>D</i>
—	0110	101	<i>D</i>	<i>C</i>	2121	110	<i>D</i>
<i>D</i>	0121	100	<i>H</i>	<i>Aa</i>	230 $\bar{3}$	013	<i>Aa</i>
—	110 $\bar{1}$	012	<i>A</i>	<i>Aa</i> ² α	450 $\bar{5}$	025	<i>Aa</i> α
—	1110	111	<i>O</i>				

Отсюда получаемъ сопоставленіе установокъ:

для новой	<i>H</i> (3) <i>D</i> (3)	<i>A</i> (2) <i>C</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i> ² α	
	6	3	1	1	11
для старой	<i>H</i> (3) <i>D</i> (3) <i>O</i>	<i>A</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i> ² <i>Aa</i> α	
	7	1	1	2	11

Это сопоставленіе показываетъ, что при новой установкѣ число формъ I періода уменьшилось на 1-цу, а число формъ II увеличилось на 2. Какъ видимъ, результатъ получается довольно неопредѣленный. Къ тому же число граней высшихъ періодовъ при новой установкѣ уменьшается, а зато является грань V періода, какой не было при старой.

Въ виду того, что для другихъ членовъ этого ряда кубическая установка не хуже гипогексагональной, и притомъ единична для всѣхъ членовъ рядовъ, приходится отдать ей преимущество, и признать прежнюю установку правильною.

17. Дискразить.

Въ этомъ ромбическомъ минералѣ гипогексагональный типъ выступаетъ весьма рельефно¹⁾. Уравненія преобразования:

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_3 : 2p_1 : p_1 + p_2 : -p_1 + p_2.$$

Получаемъ табличку:

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>O</i>	121 $\bar{1}$	101	<i>D</i>
—	0011	010	<i>H</i>	<i>A</i>	0231	120	<i>A</i>
—	0110	110	<i>D</i>	—	0132	150	<i>Aa</i> ³
<i>D</i>	021 $\bar{1}$	100	<i>H</i>	—	1022	021	<i>A</i>
—	0121	130	<i>Aa</i>	—	1220	111	<i>O</i>
—	1011	011	<i>D</i>	<i>Aa</i>	1330	332	<i>A\beta</i>
—	1110	112	<i>C</i>	<i>Ac</i>	3242	133	<i>Ab</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

для новой	<i>H</i> (3)	<i>A</i> (4)	<i>Aa</i>	
	<i>D</i> (4)		<i>Ac</i>	
	<i>O</i>			
	8	4	2	14
для старой	<i>H</i> (3)	<i>A</i> (2)	<i>Aa</i>	<i>Aa</i> ³
	<i>D</i> (3)	<i>C</i>	<i>Ab</i>	
	<i>O</i>		<i>A\beta</i>	
	7	3	3	1 14

18. Акантитъ.

Въ этой полиморфной²⁾ разности аргентита гипогексагональный типъ выраженъ довольно отчетливо, какъ показываетъ слѣдующее сопоставленіе. Уравненія преобразования:

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + p_3 : 2p_1 : p_1 - p_3.$$

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	<i>O</i>	121 $\bar{1}$	123	\mathfrak{H}
—	010 $\bar{1}$	001	<i>H</i>	<i>A</i>	1220	111	<i>O</i>
—	0110	101	<i>D</i>	—	0231	301	<i>Aa</i>
<i>D</i>	0121	100	<i>H</i>	—	2110	141	<i>Aa\gamma</i>
—	110 $\bar{1}$	011	<i>D</i>	<i>B</i>	142 $\bar{2}$	113	<i>A\gamma</i>
—	021 $\bar{1}$	103	<i>Aa</i>	—	232 $\bar{1}$	122	<i>B</i>
—	1110	121	<i>C</i>	—	124 $\bar{2}$	210	<i>A</i>
<i>O</i>	1121	110	<i>D</i>	<i>C</i>	2121	120	<i>A</i>

1) Установка уже была обоснована въ «Zeitschrift für Krystallographie» 35, 132.

Зем. Физ.-Мат. Отд.

2) Впрочемъ, какъ извѣстно, даже въ существованіи этой разности возбуждается сомнѣніе.

<i>C</i>	221 $\bar{1}$	143	<i>CB</i>	<i>CB</i>	4341	241	<i>CA</i>
—	131 $\bar{2}$	125	<i>AγA</i>	<i>Aaγ</i>	421 $\bar{1}$	183	<i>AγAa</i>
<i>Aa</i>	0341	201	<i>A</i>	<i>AγA</i>	532 $\bar{1}$	152	<i>AγA</i>
—	3110	161	<i>Aa³γ</i>	<i>AabA</i>	59.10.1	554	<i>Aa²β</i>
<i>Aα</i>	3220	131	<i>Aγ</i>	<i>AaγAa</i>	39.10.1	534	<i>AγC</i>
<i>Aγ</i>	1341	211	<i>C</i>	<i>Aa⁷</i>	09.10.1	504	<i>Aa²α</i>
—	321 $\bar{1}$	163	<i>Aa</i>				
<i>CA</i>	164 $\bar{2}$	214	<i>CA</i>				

Отсюда выходить для установокъ:

для новой	<i>H</i> (3)	<i>A</i> (3)	<i>Aa</i> (2)	<i>Aaγ</i>	<i>AabA</i>	<i>AaγAa</i>	<i>Aa⁷</i>	
	<i>D</i> (4)	<i>B</i> (3)	<i>Aα</i>	<i>AγA</i>				
	<i>O</i> (2)	<i>C</i> (3)	<i>Aγ(2)</i>					
			<i>CA</i>					
			<i>CB</i>					
	9	9	7	2	1	1	1	30
для старой	<i>H</i> (3)	<i>A</i> (3)	<i>Aa</i> (2)	<i>Aaγ</i>	<i>Aa²α</i>	<i>Aa³γ</i>		
	<i>D</i> (3)	<i>B</i>	<i>Aγ(2)</i>	<i>AγA(2)</i>	<i>Aa²β</i>			
	<i>O</i>	<i>C</i> (2)	<i>CA</i> (2)	<i>AγC</i>	<i>AγAa</i>			
		<i>A</i>	<i>CB</i>					
			<i>Aa</i>					
	7	7	8	4	3	1		30

19. Халькозинъ. 20. Штрмейеритъ.

Несмотря на видимую близость этихъ двухъ минераловъ съ предыдущимъ, въ комплексахъ проявляется значительная разница. Было уже показано раньше¹⁾, что хотя эти два ромбическіе минерала, отнесенные къ гипогексагональному типу, отличаются комплексомъ, весьма близкимъ къ гексагонально-изотропному, тѣмъ не менѣе въ развитіи формъ типъ выраженъ настолько нерѣзко, что въ настоящую минуту никакъ нельзя утверждать этого съ рѣшительностью.

Признавъ же совпаденіе (конечно только приближенное) съ гексагонально-изотропнымъ комплексомъ за случайность, мы скорѣе предпочтемъ старую, кубическую установку. Въ самомъ дѣлѣ по уравненіямъ преобразованія:

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_3 : 3p_1 + p_2 : 2p_2 : 3p_1 + p_2$$

мы составили бы слѣдующую табличку:

1) Тамъ же 117.

				<i>Ch</i>	<i>Sr</i>					<i>Ch</i>	<i>Sr</i>
<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	+	+	<i>Aγ</i>	3121	023	<i>Aα</i>	+	—
—	010 $\bar{1}$	100	<i>H</i>	+	—	—	321 $\bar{1}$	113	<i>Aγ</i>	+	—
—	0110	130	<i>Aa</i>	+	—	<i>CA</i>	254 $\bar{1}$	121	<i>C</i>	+	—
<i>D</i>	021 $\bar{1}$	110	<i>D</i>	+	+	<i>Aab</i>	184 $\bar{4}$	441	<i>Aab</i>	+	—
—	012 $\bar{1}$	010	<i>H</i>	+	+	<i>Aaγ</i>	4121	012	<i>A</i>	+	+
<i>O</i>	1121	021	<i>A</i>	+	+	—	421 $\bar{1}$	114	<i>Aaγ</i>	+	+
—	121 $\bar{1}$	111	<i>O</i>	+	+	<i>Aa²β</i>	4.5.10.5	052	<i>Aαa</i>	+	—
<i>A</i>	032 $\bar{1}$	230	<i>Aα</i>	+	—	<i>Aa³c</i>	6.5.10.5	053	<i>Aα²</i>	+	—
—	221 $\bar{1}$	112	<i>C</i>	+	+						
<i>C</i>	2121	011	<i>D</i>	+	—						

Отсюда выведемъ для установокъ:

для гипогексагональной:	<i>H</i> (4)	<i>A</i> (3)	<i>Aγ</i> (2)	<i>Aab</i>	<i>Aa²β</i>	<i>Aa³c</i>
	<i>D</i> (4)	<i>C</i>	<i>CA</i>	<i>Aaγ</i> (4)		
	<i>O</i> (4)					
	12	4	3	5	1	1 26
для кубической:	<i>H</i> (5)	<i>A</i> (4)	<i>Aa</i>	<i>Aab</i>		
	<i>D</i> (3)	<i>C</i> (3)	<i>Aα</i> (2)	<i>Aaγ</i> (2)		
	<i>O</i> (2)		<i>Aγ</i>	<i>Aαa</i>		
				<i>Aα²</i>		
	10	7	4	5		26

21. Ковеллинъ.

Хотя комплексъ его извѣстенъ и весьма несовершенно (всего 4 формы), однако, имѣющіяся свѣдѣнія особенно хорошо гармонируютъ съ представленіемъ о немъ, какъ о гексагонально-изотропномъ ¹⁾ минералѣ.

22. Киноварь.

Этотъ типично - гипогексагональный кристаллъ можетъ считаться установленнымъ правильно.

23. Халькопиритъ.

Раньше авторомъ была спеціально подтверждена правильность установки Гольдшмидта ²⁾.

1) Тамъ же стр. 103.

2) Тамъ же стр. 58.

24. Штернбергитъ.

Принадлежность этого ромбического минерала къ гипогексагональному типу была уже отмѣчена ¹⁾).

Принявъ за уравненія преобразованія:

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_3 : 3p_1 + p_2 : 2p_2 : -3p_1 + p_2.$$

Составимъ табличку:

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>B</i>	142 $\bar{2}$	221	<i>B</i>
<i>D</i>	0121	010	<i>H</i>	<i>CA</i>	254 $\bar{1}$	121	<i>C</i>
—	021 $\bar{1}$	110	<i>D</i>	<i>Aa</i> ³	410 $\bar{1}$	106	<i>Aa</i> ⁴
<i>O</i>	1121	021	<i>A</i>	<i>Aa</i> ^{2b}	1.5.10.5	0.10.1	<i>Aa</i> ⁸
—	121 $\bar{1}$	111	<i>O</i>				

Отсюда найдемъ для установки:

для новой	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>CA</i>	<i>Aa</i> ²	<i>Aa</i> ^{2b}	
	<i>D</i> (2)					
	<i>O</i> (2)					
	5	1	1	1	1	9
для старой	<i>H</i> (2)	<i>A</i>	<i>Aa</i> ⁴	<i>Aa</i> ⁸		
	<i>D</i>	<i>B</i>				
	<i>O</i>	<i>C</i>				
	4	3	1	1		9

Мы усматриваемъ отсюда, что не только уменьшаются высшіе періоды, но и увеличивается, хотя немного, число формъ I періода; однако число формъ II періода уменьшается значительно.

25. Фризентъ.

Комплексъ этого ромбического минерала также былъ признанъ ²⁾ за гипогексагональный, при чемъ за уравненія преобразованія приняты:

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 3p_3 : 3p_1 + p_2 : 2p_2 : -3p_1 + p_2.$$

Получается табличка:

1) Тамъ же стр. 118.

| 2) Тамъ же стр. 128.

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>Aa</i>	1303	301	<i>Aa</i>
<i>D</i>	0121	012	<i>A</i>	(?	9484(2121?)	043	(?)
—	1101	101	<i>D</i>				
<i>A</i>	2101	102	<i>A</i>				
—	1220	131	<i>Aa</i>				

Преимущество новой установки отчетливо.

26. Аргентопиритъ.

И этотъ членъ группы серебряныхъ колчедановъ установленъ какъ гипогексагональный¹⁾. Преобразование по формулѣ:

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_3 : p_1 - p_2 : 2p_1 : p_1 + p_2$$

и тогда составляется табличка:

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>A</i>	0132	310	<i>Aa</i>
—	0101	010	<i>H</i>	—	2101	012	<i>A</i>
—	0011	110	<i>D</i>	<i>Aγ</i>	1143	211	<i>C</i>
<i>D</i>	0112	130	<i>Aa</i>	<i>Aαa</i> ⁴	0.11.2.13	1.12.0	<i>Aa</i> ¹⁰
—	1101	011	<i>D</i>				
—	1011	112	<i>C</i>				

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (3) <i>D</i> (3)	<i>A</i> (2)	<i>Aγ</i>	<i>Aαa</i> ⁴	и старой	<i>H</i> (2) <i>D</i> (2)	<i>A</i> <i>C</i> (2)	<i>Aa</i> (2)	<i>Aa</i> ¹⁰
	6	2	1	1	10	4	3	2	1 10

27. Міаргиритъ.

Кристаллизація этого моноклиннаго минерала весьма оригинальна, благодаря густому развитію поясовъ, которыхъ естественно принять за главные пояса кристалла кубическаго типа, приближающагося къ гексагональнымъ и притомъ весьма сильно положительнаго (похоже на гематитъ). Принявъ, соотвѣтственно этому развитію поясовъ, за уравненія преобразованія

$$p_1' : p_2' : p_3' = p_1 + p_3 : p_2 + p_3 : -p_2 + p_3$$

составимъ табличку:

1) Тамъ же, стр. 137.

для старой	$H(3)$	$A(3)$	$Aa(5)$	Aa^2	Aa^3	Aa^3b	Aa^4c	$Aa^5\gamma(2)$	$Aa^4\gamma Aa$
	$D(3)$	$B(4)$	$A\alpha$	Aab	$Aa^2\alpha$	$Aa^3\gamma$	$Aa^4\gamma$		—
	$O(2)$	$C(3)$	Ab	$Aa\gamma$	Aa^2b	$A\alpha a^2\gamma$			$Aa^{12}\gamma$
		\mathfrak{H}	$A\gamma(4)$	$A\alpha\gamma$	$Aa^2\gamma$				
			BA	$A\gamma A$	$Aa\alpha a$				
			$CA(2)$		$A\alpha a^2$				
			CB						
	8	11	15	5	6	3	2	2	2
									54.

Эти сопоставленія показываютъ намъ, что при обѣихъ установкахъ общее число формъ первыхъ трехъ періодовъ остается почти точно одно и то же; но, начиная съ IV періода, преимущество новой установки обозначается отчетливо: при первой установкѣ всего двѣ формы отнесутся къ періодамъ выше шестого; при второй установкѣ ихъ шесть.

Въ пользу новой установки, которая явилась сама собою при взглядѣ на діаграмму, говоритъ и то обстоятельство (съ которымъ мы еще не разъ встрѣтимся), что она подсказываетъ истинные символы неотчетливо развитыхъ граней. Особенно поучителенъ примѣръ грани, получившей символъ (8.25.15), настолько близкій къ (132), что это бросается въ глаза.

При новой установкѣ комплекса онъ ясно приближается къ гексагональнымъ комплексамъ кубическаго типа, и притомъ крайне положительнымъ его членамъ. Можно даже сказать, что комплексъ міаргирита довольно близокъ къ комплексу гематита.

28. Вольфсбергитъ. 29. Емплектитъ. 30. Склероклазъ. 31. Андоритъ.

Комплексы этихъ весьма близкихъ другъ къ другу ромбическихъ минераловъ отчетливо-кубическаго типа, и сомнѣваться въ правильности прежней установки нѣтъ никакого основанія. Близкій къ нимъ же *цинкенитъ* еще не можетъ быть, по недостатку формъ, правильно установленъ.

32. Плагіонитъ.

Комплексъ этого моноклиннаго минерала развитъ настолько слабо, что едва ли можно придти къ окончательному заключенію. Однако, обратимъ вниманіе на то, что комплексъ получаетъ болѣе простое и совершенное выраженіе, если его преобразовать по формулѣ:

$$p_1' : p_2' : p_3' = p_1 - p_2 : p_1 + p_2 : 2p_3.$$

Тогда составитъ слѣдующая табличка:

H	001	001	H	B	$\bar{2}21$	041	Aa^2
D	110	100	H	Aa	031	331	Ab
—	011	111	O	Aa^2	014	114	$Aa\gamma$
A	021	221	B				
—	$\bar{1}02$	$\bar{1}12$	C				
—	012	112	C				

Преимущества новой установки выражаются не только въ томъ, что одна форма IV періода (041) замѣняется формою II періода ($\bar{2}21$), но также и въ томъ, что формы получаютъ индексы болѣе распространенные.

При этой установкѣ замѣчается приближеніе, хотя и весьма грубое, къ кубическому комплексу (псевдокубическій въ широкомъ смыслѣ слова), какъ это и усматривается изъ діаграммы.

33. Дюфренуазитъ.

Комплексъ этого минерала развитъ отчетливо по кубическому типу, и его прежняя установка должна считаться правильною.

34. Козалитъ.

Несмотря на близость комплекса этого ромбическаго къ предыдущему, здѣсь формы получаютъ гипогексагональное развитіе. По уравненіямъ преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_3 : 2p_1 + p_2 : 2p_2 : -2p_1 + p_2$$

составимъ табличку:

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	\mathfrak{H}	2341	142	<i>CA</i>
—	010 $\bar{1}$	100	<i>H</i>	<i>Aa</i>	0341	140	<i>Aa</i> ²
<i>D</i>	0121	010	<i>H</i>	<i>CB</i>	4341	144	<i>Aab</i>
—	110 $\bar{1}$	101	<i>D</i>	<i>Aa</i> ²	410 $\bar{1}$	104	<i>Aa</i> ²
<i>C</i>	2121	011	<i>D</i>				
—	132 $\bar{1}$	221	<i>B</i>				

Отсюда получаемъ сопоставленіе для установокъ:

для новой	<i>H</i> (2)	<i>C</i> (2)	<i>Aa</i>	<i>Aa</i> ² ;	для старой	<i>H</i> (3)	<i>B</i>	<i>CA</i>	<i>Aa</i> ² (2)
	<i>D</i> (2)	\mathfrak{H}	<i>CB</i>			<i>D</i> (2)			<i>Aab</i>
	4	3	2	1		5	1	1	3

На основаніи этого сопоставленія мы можемъ сдѣлать заключеніе о гетероморфности комплексовъ обоихъ минераловъ.

35. Діафоритъ.

Въ этомъ ромбическомъ минералѣ также гипогексагональный типъ проявляется съ полною отчетливостью.

Если принять за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_3 : 2p_1 + 2p_2 : 4p_1 : 2p_1 - 2p_2$$

то составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	010 $\bar{1}$	010	<i>H</i>	<i>B</i>	1242	101	<i>D</i>
—	0110	110	<i>D</i>	<i>C</i>	132 $\bar{1}$	122	<i>B</i>
<i>D</i>	0121	100	<i>H</i>	—	1231	314	<i>CB</i>
—	021 $\bar{1}$	130	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	130 $\bar{3}$	032	<i>Aa</i>
—	110 $\bar{1}$	012	<i>A</i>	<i>Ac</i>	252 $\bar{3}$	144	<i>Aab</i>
—	1110	114	<i>Aa</i> γ	<i>Aa</i> ²	140 $\bar{4}$	021	<i>A</i>
<i>O</i>	1121	102	<i>A</i>	<i>Aa</i> γ	1451	534	<i>A</i> γ <i>C</i>
—	121 $\bar{1}$	134	<i>CB</i>	<i>Aa</i> ³	061 $\bar{5}$	1.11.0	<i>Aa</i> ³
<i>A</i>	0231	310	<i>Aa</i>	—	150 $\bar{5}$	052	<i>Aa</i> α
—	032 $\bar{1}$	120	<i>A</i>	<i>Aa</i> α α	0.17.10. $\bar{7}$	5.12.0	<i>Aa</i> α α
—	031 $\bar{2}$	150	<i>Aa</i> ³				
—	120 $\bar{2}$	011	<i>D</i>				
—	1220	112	<i>C</i>				

Отсюда выводимъ сопоставленіе для установокъ:

для новой	<i>H</i> (2)	<i>A</i> (5)	<i>Aa</i>	<i>Aa</i> ²	<i>Aa</i> ³ (2)	<i>Aa</i> α α	
	<i>D</i> (4)	<i>B</i>	<i>Ac</i>	<i>Aa</i> γ			
	<i>O</i> (2)	<i>C</i> (2)					
	8	8	2	2	2	1	23
для старой	<i>H</i> (2)	<i>A</i> (4)	<i>Aa</i> (2)	<i>Aab</i>	<i>Aa</i> ³	<i>Aa</i> α α	<i>Aa</i> ³
	<i>D</i> (3)	<i>B</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i> γ			
		<i>C</i>	<i>CB</i> (2)	<i>Aa</i> α			
				<i>A</i> γ <i>C</i>			
	5	6	5	4	1	1	1 23

Мы видимъ, что разница въ результатахъ перемѣны установки такъ рѣзка, какъ бываетъ не часто.

36. Фрейслебенитъ.

Въ этомъ ромбическомъ минералѣ, стоящемъ въ полиморфномъ отношеніи къ предыдущему, также довольно отчетливо проявляется гипогексагональный типъ.

Если примемъ за уравненія преобразования

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_3 : p_1 + p_2 : 2p_1 : p_1 - p_2$$

то составимъ слѣдующую табличку. Въ виду того, что въ этомъ комплексѣ большое число формъ принадлежитъ поясу (100), то есть символы граней имѣютъ видъ (0 p_2 p_3), и что эти грани при новой установкѣ получаютъ символъ (p_3 p_2 0 \bar{p}_2), то есть выразятся тѣмъ же зональнымъ символомъ, что и предыдущія, мы можемъ изъ сопоставленія вовсе выпустить этотъ рядъ формъ, нисколько не понижая значенія сравнительныхъ табличекъ.

<i>H</i>	0110	110	<i>D</i>	<i>Aa</i>	0341	210	<i>A</i>
<i>D</i>	1110	112	<i>C</i>	—	0431	350	<i>Aa</i> ²
—	1011	112	<i>C</i>	<i>Aa</i>	0352	510	<i>Aa</i> ³
—	0211	130	<i>Aa</i>	<i>Aγ</i>	1143	211	<i>C</i>
<i>O</i>	1121	101	<i>D</i>	<i>Aaα</i>	0743	250	<i>Aαa</i>
—	1121	101	<i>D</i>	<i>AγC</i>	4583	414	<i>Aab</i>
<i>A</i>	0231	310	<i>Aa</i>	<i>Aαa</i> ² <i>α</i>	0.9.16.7	810	<i>Aa</i> ⁶
—	0321	120	<i>A</i>	<i>Aa</i> ⁵	0781	430	<i>Aaα</i>
—	0312	150	<i>Aa</i> ³	<i>Aa</i> ⁶	0981	450	<i>Aa</i> ² <i>α</i>
—	1220	111	<i>O</i>	<i>Aa</i> ⁸	0.11.10.1	560	<i>Aa</i> ³ <i>α</i>
<i>C</i>	1231	312	<i>И</i>				
<i>И</i>	2341	212	<i>B</i>				

Отсюда выводится сопоставленіе для установокъ:

для новой	<i>H</i>	<i>A</i> (4)	<i>Aa</i> (2)	<i>Aaα</i>	<i>Aαa</i> ² <i>α</i>	<i>Aa</i> ⁵	<i>Aa</i> ⁶	<i>Aa</i> ⁸	
	<i>D</i> (3)	<i>C</i>	<i>Aα</i>	<i>AγC</i>					
	<i>O</i> (2)	<i>И</i>	<i>Aγ</i>						
	6	6	4	2	1	1	1	1	22
для старой	<i>D</i> (3)	<i>A</i> (2)	<i>Aa</i> (2)	<i>Aaα</i>	<i>Aa</i> ³ (2)	<i>Aa</i> ³ <i>α</i>	<i>Aa</i> ⁶		
	<i>O</i>	<i>B</i>		<i>Aab</i>	<i>Aa</i> ² <i>α</i>				
		<i>C</i> (3)		<i>Aαa</i>					
		<i>И</i>		<i>Aα</i> ²					
	4	7	2	4	3	1	1		22

37. Пруститъ. 38. Пираргиритъ.

Это гексагональные минералы съ весьма рѣзко выраженнымъ кубическимъ типомъ. Формы ихъ такъ близки, и они столь связаны переходами другъ къ другу, что ихъ комплексы можно разсматривать какъ одинъ единственный.

Примѣнивъ уравненія преобразованія

$$p_1 : p_2 : p_3 = -q_1 + q_4 : q_1 + q_2 + q_4 : -q_2 + q_4$$

составимъ таблицу:

<i>H</i>	010	1121	<i>O</i>	<i>B</i>	212	1121	<i>O</i>
<i>D</i>	110	1010	<i>H</i>	—	221	5271	<i>AγA</i>
—	101	1122	<i>C</i>	<i>C</i>	121	1120	<i>D</i>
<i>O</i>	111	0001	<i>H</i>	—	121	1124	<i>Aaγ</i>
—	111	2241	<i>B</i>	—	211	4152	<i>CA</i>
<i>A</i>	120	4151	<i>Aaγ</i>	<i>И</i>	231	2130	<i>A</i>
—	021	1011	<i>D</i>	—	132	1012	<i>A</i>
<i>B</i>	212	1125	<i>Aa</i> ² <i>γ</i>	—	312	5274	<i>B</i> ²

Aa	031	4154	Aab	$Ab\beta$	13.11.6	31.10.41.8	$AcAa^2\gamma$
—	130	5272	$Aa\gamma$	Aa^3	051	2132	B
$A\alpha$	302	4155	$A\gamma B$	—	150	74.11.4	$Aa\alpha c$
—	230	7181	$Aa^4\gamma$	$Aa^2\alpha$	504	2.133	\mathfrak{A}
Ab	331	8.2.101	$Aa^4\gamma A$	—	450	13.1.14.1	$Aa^{10}\gamma$
$A\beta$	323	1128	$Aa^5\gamma$	$Aa^2\beta$	545	3362	$A\beta$
—	332	7.4.11.2	AcA	$Aa^2\gamma$	151	8.2.10.5	$A\beta A$
Ac	232	5.5.10.1	$Aa^2\gamma$	$Aa\alpha a$	073	10.1.11.10	Aa^7b
$A\gamma$	131	2021	A	—	370	13.4.17.4	$Aa^2\alpha a\gamma$
—	131	4481	Aab	$Aa\alpha b$	773	6281	$Aa\gamma A$
BA	351	4041	Aa^2	$Aa\gamma A$	162	10.1.11.7	$\mathfrak{A}a\alpha$
C^2	432	3141	$A\gamma$	—	261	11.2.13.5	$\mathfrak{A}\gamma a$
—	342	85.13.1	$CB\alpha$	$A\alpha a^2$	072	3143	Ab
$\mathfrak{A}a$	361	11.5.162	$\mathfrak{A}\gamma$	$A\alpha a\alpha$	570	17.2.19.2	$A\alpha a^6\gamma$
$\mathfrak{A}b$	562	14.5.19.1	BAa^2	$A\alpha^2 a$	083	11.2.13.11	$A\alpha a^2 b$
$\mathfrak{A}\beta$	563	13.7.20.2	$\mathfrak{A}ca$	$A\gamma Aa$	381	5162	$A\gamma A$
$\mathfrak{A}c$	634	11.5.16.7	B^2c	$A\gamma A\gamma$	382	16.1.17.7	$BA\alpha a$
—	463	11.8.19.1	$CAa\alpha$	$A\gamma B\beta$	9.10.5	23.11.34.4	$A\gamma C\gamma a$
$\mathfrak{A}\gamma$	632	13.1.14.5	CBa^2	CAa^2	4.11.1	20.5.25.8	$CA\gamma^3$
—	623	11.2.13.7	$B^3\alpha$	$CAb a$	8.15.2	29.11.40.5	$AbAa\gamma a$
Aa^2	041	5275	$A\alpha b$	$CA\gamma a$	5.12.2	8193	$A\gamma Aa$
—	140	2131	C	$CBa\gamma$	4.17.5	10.1.11.6	$A\gamma B\alpha$
$Aa\alpha$	403	5277	AcB	$C^2\beta\gamma$	20.7.11	12.3.15.8	$A\gamma C\alpha$
—	340	1.0.1.11.1	$Aa^7\gamma$	$\mathfrak{A}\alpha^2 C$	19.12.11	13.5.18.6	$CA\alpha\gamma$
$Aa\alpha c$	343	7.7.14.2	$A\alpha ab$	Aa^4	061	7.4.11.7	$Aa\alpha\beta$
$Aa\gamma$	141	1122	C	$Aa^3\gamma$	161	5.5.10.8	$Aa^2 a$
—	141	55.10.2	$A\alpha b$	$Aa^2\alpha^2$	590	19.4.23.4	$Aa\alpha^2 a^2\gamma$
—	141	7184	AbA	$Aa^2\alpha c$	595	14.14.28.1	$Aa^{11}b$
$A\alpha a$	052	7187	Aa^4b	$Aa^2\gamma A$	172	11.2.13.8	$\mathfrak{A}\gamma a$
$A\alpha^2$	350	11.2.13.2	$A\alpha a^3\gamma$	—	271	4152	CA
—	503	7188	$Aa^5\beta$	$Aa\alpha a^2$	0.10.3	13.4.17.13	$Aa^2\alpha ab$
$Aa\alpha c$	533	10.1.11.5	$A\gamma Ba$	$Aa\alpha a\alpha$	7.10.0	8.1.91	$Aa^5\gamma$
AbA	471	14.5.19.2	$Aa\gamma A\gamma a$	$Aa\alpha^2 a$	0.11.4	5165	$Aa^2 b$
AbB	572	5270	$A\alpha a$	$Aa\gamma A\gamma$	392	17.2.19.8	$C^2\alpha a$
$A\beta C$	835	14.5.19.10	$Aa^2\beta B$	$Aa\gamma B\gamma$	6.12.5	19.16.35.1	$Aa^7\gamma Aa\alpha$
AcC	753	16.4.20.5	$CAa^2\gamma$	$A\alpha a^2\alpha$	790	23.2.25.2	$CA\gamma$
$A\gamma A$	251	10.1.11.4	$\mathfrak{A}a^2$	$AcAbc$	28.17.13	20.5.25.8	$A\alpha a^3\gamma$
$A\gamma B$	451	4150	Aa^2	$CAa^2\gamma$	5.16.4	10.1.11.5	$CA\gamma^3$
$BC\beta$	8.10.5	7.4.11.1	AbA	$CAa\gamma^2$	7.18.4	12.1.13.5	$A\gamma Ba$
CAb	672	17.5.22.1	$A\gamma Aa^3$	$\mathfrak{A}a^3\gamma$	5.21.6	37.4.41.22	$AbAa$
$CB\beta$	784	6391	$\mathfrak{A}a$	$Aa^3\gamma A$	182	4153	$CAa\gamma ca$
CBc	584	14.11.25.1	$Aa^2\gamma Aa\alpha$	$Aa^3\gamma C$	876	17.11.28.7	CB
$CB\gamma$	483	13.10.23.1	$Aa\gamma Aa\alpha$	$Aa^2\gamma Aa$	4.13.1	22.7.29.10	$CA\beta C$
—	834	5163	BA	$Aa^2\gamma B\beta$	13.14.7	11.5.16.2	$A\gamma Ca\gamma$
$\mathfrak{A}\alpha^2$	7.11.1	8.2.10.1	$Aa^3\gamma A$	$Aa\gamma Aa^2$	4.12.1	7293	$\mathfrak{A}\gamma a$

$A\alpha\alpha^2\gamma A$	2.13.4	7185	$CA\alpha$	$Aa^5\gamma A$	2.10.1	5273	BC
$A\alpha\alpha^2\gamma C$	13.11.9	28.16.44.11	$Aa\gamma Bc\gamma$	$Aa^4\alpha\alpha$	13.19.0	15.2.17.2	$A\alpha\alpha^5\gamma$
$BAa^3\gamma$	7.27.6	47.8.55.26	BCb^2a	$Aa^3\gamma Bac$	17.25.16	43.40.83.8	$Aa^{11}\gamma A\gamma^2ab$
Aa^6	081	3253	$A\beta$	$Aa^2\gamma Aa^2\gamma$	4.15.3	26.5.31.14	$A\gamma C\beta a$
Aa^5b	9.17.8	9.8.17.0	$Aa^6\alpha$	$Aa^5\gamma Aa$	3.12.1	19.7.26.10	$C^2b\gamma$
$Aa^5\gamma$	181	7.7.14.10	$Aa\alpha ac$	$Aa^5\gamma A\gamma$	3.13.2	7294	AcA
—	181	3362	$A\beta$	$Aa^2\gamma Aa^3\gamma$	5.19.4	11.2.13.6	$B^2\alpha$
$Aa^4\alpha a$	0.13.6	19.1.20.19	$Aa^{16}\gamma$	$A\alpha a^6\alpha$	15.17.0	47.2.49.2	$A\alpha a^{21}\gamma A$
$Aa^4\alpha^2$	13.0.7	19.1.20.20	$Aa^{15}\gamma B$	$Aa^7\gamma Aa$	3.15.1	22.10.32.13	$\mathfrak{A}abc$
$Aa^4\gamma A$	291	14.5.19.8	$\mathfrak{A}\beta\gamma$	$Aa^6A\gamma a\gamma$	7.26.5	15.3.18.8	$AcCa$
$Aa^4\gamma C$	987	19.13.32.8	$A\gamma Ac^2$	$Aa^{10}\gamma A$	1.15.2	19.10.29.16	$AacA\beta$
$Aa^3\alpha^3$	11.17.0	13.2.15.2	$A\alpha a^4\gamma$	$Aa^{13}\gamma$	1.16.1	5.5.10.6	Aa^3c
$Aa^2\alpha a^2\alpha$	13.17.0	43.4.47.4	$Aa\alpha^2a^8\gamma$	$Aa^{10}\gamma Aa\gamma a\gamma$	11.40.7	23.5.28.12	$A\alpha\gamma Ca$
$Aa^2\gamma Aa^2$	4.13.1	20.11.31.8	$BAb\gamma$				

Отсюда получается сопоставление установокъ:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 и >	
НОВОЙ	H	$A(2)$	$Aa(2)$	Aa^2	$Aa^3(2)$	Aa^4	$Aa^3\gamma A$	Aa^6	$Aa^5\gamma A$	$Aa^5\gamma Aa$	
	$D(2)$	$B(3)$	$A\alpha(2)$	$Aa\alpha(2)$	$Aa^2\alpha(2)$	$Aa^3\gamma$	$Aa^3\gamma C$	Aa^5b	$Aa^4\alpha\alpha$	$Aa^5\gamma A\gamma$	
	$O(2)$	$C(3)$	Ab	Aac	$Aa^2\beta$	$Aa^2\alpha^2$	$Aa^2\gamma Aa$	$Aa^5\gamma(2)$	$Aa^3\gamma Bac$	$Aa^2\gamma Aa^3\gamma$	
		$\mathfrak{A}(3)$	$A\beta(2)$	$Aa\gamma(3)$	$Aa^2\gamma$	$Aa^2\alpha c$	$Aa^2\gamma B\beta$	$Aa^4\alpha a$	$Aa^2\gamma Aa^2\gamma$	$A\alpha a^6\alpha$	
			Ac	$A\alpha a$	$Aa\alpha a(2)$	$Aa^2\gamma A(2)$	$Aa\gamma Aa^2$	$Aa^4\alpha^2$		$Aa^7\gamma Aa$	
			$A\gamma(2)$	$A\alpha^2(2)$	$Aa\alpha b$	$Aa\alpha a^2$	$A\alpha a^2\gamma A$	$Aa^4\gamma A$		$Aa^6A\gamma a\gamma$	
			BA	$A\alpha c$	$Aa\gamma A(2)$	$Aa\alpha\alpha\alpha$	$A\alpha a^2\gamma C$	$Aa^4\gamma C$		$Aa^{10}\gamma A$	
			$C^2(2)$	AbA	$A\alpha a^2$	$Aa\alpha^2a$	$BAa^3\gamma$	$Aa^3\alpha^3$		$Aa^{13}\gamma$	
			$\mathfrak{A}a$	AbB	$A\alpha\alpha\alpha$	$Aa\gamma A\gamma$		$Aa^2\alpha a^2\alpha$		$Aa^{10}\gamma Aa\gamma a\gamma$	
			$\mathfrak{A}b$	$A\beta C$	$A\alpha^2a$	$Aa\gamma B\gamma$		$Aa^2\gamma Aa^2$			
			$\mathfrak{A}\beta$	AcC	$A\gamma Aa$	$A\alpha a^2\alpha$					
			$\mathfrak{A}c(2)$	$A\gamma A$	$A\gamma A\gamma$	$AcAbc$					
			$\mathfrak{A}\gamma(2)$	$A\gamma B$	$A\gamma B\beta$	$CAa^2\gamma$					
				$BC\beta$	CAa^2	$CAa\gamma^2$					
				CAb	$CAb a$	$\mathfrak{A}a^3\gamma$					
				$CB\beta$	$CA\gamma a$						
				CBc	$CBa\gamma$						
				$CB\gamma(2)$	$C^2\beta\gamma$						
				$\mathfrak{A}\alpha^2$	$\mathfrak{A}\alpha^2c$						
			$\mathfrak{A}b\beta$								
<hr/>											
	5	11	20	25	23	16	8	11	4	9 132	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 13 и >	
старой	$H(2)$	$A(3)$	Ab	$Aa^2(2)$	Aa^2b	Aa^3c	Aa^4b	$Aa^5\beta$	$Aa^6\alpha$	Aa^7b	$Aa^7\gamma Aa\alpha$
	$D(2)$	$B(2)$	$A\beta(3)$	$Aab(2)$	$Aa^2\gamma(2)$	$Aa^2\beta B$	$Aa^4\gamma$	$Aa^5\gamma(2)$	$A\alpha a^5\gamma$	$Aa^7\gamma$	$A\alpha a^9\gamma$
	$O(2)$	$C(3)$	$A\gamma$	$Aa\gamma(2)$	$Aa\alpha\beta$	$Aa\alpha ac$	$Aa^3\gamma A$	$Aa^4\gamma A$		$A\alpha a^6\gamma$	$Aa^{11}b$
		\mathfrak{A}	BA	$A\gamma A(2)$	$Aa\alpha c$	$AacA\beta$	$Aa^2\alpha ab$	$Aa^2\gamma Aa\alpha$			$Aa^{16}\gamma$
			B^2	$A\alpha a$	$Aa\gamma A$	$A\alpha a^2b$	$Aa^2\alpha a\gamma$	$Aa\alpha^2a^2\gamma$			$Aa^{15}\gamma B$
		BC	$A\alpha b$	$A\alpha ab$	$A\alpha\gamma Ca$	$Aa\gamma Aa\alpha$	$A\alpha a^4\gamma$			$Aa^{11}\gamma A\gamma^2ab$	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13 и >
		CA(2)	Aαγ	Aα²c	AγAc²	AaγAγa				Aa¹⁰γ
		CB	AbA(2)	AbAa	AγCβa	AaγBcγ				Aaα²α³γ
		Ca	AβA	AcCa	AγCaγ	Aαα³γ				Aaα²¹γA
		Цγ	AcA(2)	AγAa	AγCγa	AbAaγa				
			AcB	AγBa(2)	BCb²a	AcA²γ				
			AγB	AγBa	CAa²γ	AγAa³				
			B²a	AγCα	CAγ³(2)	CAaγcα				
			B²α	BAa²						
			B²c	BAαa						
			CAα	BAbγ						
			CAγ	CAaα						
			CBα	CAαγ						
			Ca²	CAβc						
			Caα	CBa²						
			Цβγ	C²αa						
			Цca	C²bγ						
			Цγa(2)	Цabc						
			Цγα							
6	9	13	31	25	14	13	7	2	3	9 132

Результатъ сопоставленія вполне отчетливый.

Первый періодъ въ обоихъ случаяхъ насыщенъ. Но число формъ II и III періодовъ при новой установкѣ значительно больше, чѣмъ при старой. Да и формы самыхъ высшихъ періодовъ при новой установкѣ, въ общемъ, замѣтно упростились. Особенно же бросается въ глаза развитіе формъ Aa , Aa^2 , Aa^3 и почти совершенное отсутствіе этихъ самыхъ пространенныхъ формъ при старой установкѣ. Отсутствіе такой формы какъ Aa при столь богато развитомъ комплексѣ является почти невозможностью.

39. Ксантоконъ.

Уже было показано¹⁾, что комплексъ этого минерала устанавливается лучше какъ гипогексагональный, хотя комбинація представляетъ странности, возбуждающія сомнѣнія въ точности сдѣланныхъ раньше опредѣленій.

Принявъ за уравненія преобразования

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_3 : p_1 - 3p_2 : 2p_1 : p_1 + 3p_2$$

составимъ табличку:

1) Тамъ же стр. 142.

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>Ac</i>	$3\bar{2}24$	223	<i>Ac</i>
<i>D</i>	0121	100	<i>H</i>	—	$3\bar{4}22$	$\bar{2}23$	<i>Ac</i>
—	01 $\bar{1}2$	110	<i>D</i>	<i>Aa\beta</i>	$3\bar{4}48$	443	<i>Aa\beta</i>
<i>O</i>	1 $\bar{1}12$	111	<i>O</i>	—	$3\bar{8}44$	$\bar{4}43$	<i>Aa\beta</i>
—	1 $\bar{2}\bar{1}1$	$\bar{1}11$	<i>O</i>	<i>A\alpha a</i>	2505	053	<i>A\alpha^3</i>
<i>C</i>	2 $\bar{1}12$	112	<i>C</i>	<i>A\alpha b</i>	2.5.10.5	501	<i>Aa^3</i>
—	2 $\bar{2}\bar{1}1$	$\bar{1}12$	<i>C</i>	—	2.5.10.5	$\bar{5}01$	<i>Aa^3</i>
				<i>Aa^2b</i>	1.5.5.10	551	<i>Aa^2b</i>
				—	1.10.5.5	$\bar{5}51$	<i>Aa^2b</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i>	<i>C</i> (2)		<i>Aa\beta</i> (2)	<i>Aa^2b</i> (2)	
	<i>D</i> (2)		<i>Ac</i> (2)	<i>A\alpha a</i>		
	<i>O</i> (2)			<i>A\alpha b</i> (2)		
	5	2	2	5	2	16
старой	<i>H</i> (2)	<i>C</i> (2)	<i>Ac</i> (2)	<i>Aa\beta</i> (2)	<i>Aa^3</i> (2)	
	<i>D</i>			<i>A\alpha^3</i>	<i>Aa^2b</i> (2)	
	<i>O</i> (2)					
	5	2	2	3	4	16

40. Пиростильпнитъ.

Была разсмотрѣна установка и этого минерала, а также онъ былъ признанъ за гипогексагональный¹⁾.

Принявъ за уравненія преобразования

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_3 : p_1 + p_2 : 2p_1 : p_1 - p_2.$$

составимъ табличку:

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>A</i>	210 $\bar{1}$	011	<i>D</i>
—	010 $\bar{1}$	010	<i>H</i>	—	120 $\bar{2}$	041	<i>Aa^2</i>
—	0110	110	<i>D</i>	—	1220	221	<i>B</i>
<i>D</i>	0121	100	<i>H</i>	<i>Aa^2\alpha a</i>	9440	449	<i>Aa^2\alpha\gamma</i>
—	110 $\bar{1}$	021	<i>A</i>				
—	1110	111	<i>O</i>				

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (3)	<i>A</i> (3)	<i>Aa^2\alpha a</i>	старой	<i>H</i> (3)	<i>A</i>	<i>Aa^2</i>	<i>Aa^2\alpha\gamma</i>
	<i>D</i> (3)				<i>D</i> (2)	<i>B</i>		
					<i>O</i>			
	6	3	1	10	6	2	1	1 10

1) Тамъ же стр. 139.

41. Бурнонитъ.

Минераль съ весьма отчетливо выраженнымъ кубическимъ типомъ. Прежняя установка должна быть признана правильною.

42. Юрданитъ.

Здѣсь, напротивъ, весьма рѣзко проявляется гипогексагональный типъ.

Принявъ за уравненія преобразования:

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_3 : 3p_1 + p_2 : 2p_2 : -3p_1 + p_2$$

составимъ слѣдующую таблицу:

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>Ac</i>	3242	043	<i>Aaα</i>
—	0110	130	<i>Aa</i>	—	3422̄	223	<i>Ac</i>
<i>D</i>	1101̄	203	<i>Aα</i>	<i>Aγ</i>	3121	023	<i>Aα</i>
—	1110	133	<i>Ab</i>	—	3211̄	113	<i>Aγ</i>
—	0211̄	110	<i>D</i>	<i>Aaγ</i>	4121	012	<i>A</i>
<i>O</i>	1121	021	<i>A</i>	—	4211̄	114	<i>Aaγ</i>
—	1211̄	111	<i>O</i>	<i>Aαγ</i>	5242	045	<i>Aa²α</i>
<i>A</i>	1202̄	403	<i>Aaα</i>	—	5422̄	225	<i>Aαγ</i>
—	1220	263	<i>℥γ</i>	<i>Aa²c</i>	5844̄	445	<i>Aa²c</i>
<i>B</i>	1242	041	<i>Aa²</i>	<i>Aaαc</i>	7484	087	<i>Aa⁵α</i>
—	1422̄	221	<i>B</i>	—	7844̄	447	<i>Aαc</i>
<i>C</i>	2121	011	<i>D</i>	<i>Aαaγ</i>	7242	047	<i>Aaα²</i>
—	2211̄	112	<i>C</i>	—	7422̄	227	<i>Aαaγ</i>
<i>Aa</i>	1303̄	201	<i>A</i>	<i>Aa⁴</i>	1660	261	<i>AaγA</i>
—	1330	131	<i>Aγ</i>	<i>Aa³α</i>	5606̄	405	<i>Aa³α</i>
<i>Aα</i>	2303̄	101	<i>D</i>	<i>Aαa²γ</i>	9242	049	<i>Aa²αα</i>
<i>Ab</i>	1633̄	331	<i>Ab</i>	—	9422̄	229	<i>Aαa²γ</i>
<i>Aβ</i>	2330	132	<i>℥</i>	<i>Aa⁴α</i>	7660	267	<i>CAb</i>
				<i>Aa⁵b</i>	1.16.88̄	881	<i>Aa⁵b</i>

Отсюда получаемъ сопоставленіе установокъ:

НОВОЙ	<i>H</i> (2)	<i>A</i> (2)	<i>Aa</i> (2)	<i>Aaγ</i> (2)	<i>Aa²c</i>	<i>Aa⁴</i>	<i>Aa⁴α</i>
	<i>D</i> (3)	<i>B</i> (2)	<i>Aα</i>	<i>Aαγ</i> (2)	<i>Aaαc</i> (2)	<i>Aa³α</i>	<i>Aa⁵b</i>
	<i>O</i> (2)	<i>C</i> (2)	<i>AC</i>	—	<i>Aαaγ</i> (2)	<i>Aαa²γ</i> (2)	
			<i>Aβ</i>				
			<i>Ac</i> (2)				
			<i>Aγ</i> (2)				
	7	6	9	4	5	4	2 37

старой	H	$A(3)$	Aa	Aa^2	$Aa^2\alpha(2)$	$Aa^2\alpha a$	$Aa^5\alpha$
	$D(3)$	B	$A\alpha(2)$	$Aa\alpha(2)$	Aa^3c	$Aa\alpha^2\gamma$	Aa^5b
	O	C	$Ab(2)$	$Aa\gamma(2)$	$Aa\alpha^2$		
		\mathfrak{A}	Ac	$A\alpha\gamma$	$Aa\alpha c$		
			$A\gamma(2)$	CAb	$Aa\gamma A$		
			$\mathfrak{A}\gamma$		$Aa\alpha\gamma$		
	5	6	9	7	6	2	2 37

43. Менегинитъ.

Минераль съ отчетливо выраженнымъ кубическимъ типомъ. Прежняя установка должна считаться правильною.

44. Стефанитъ.

Этотъ ромбическій минераль, коего комплексъ развитъ съ особенною пышностью, былъ уже принимаемъ за образецъ гипогексагональнаго типа¹⁾.

Уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_3 : p_1 + p_2 : 2p_1 : p_1 - p_2$$

45. Полибазитъ. 46. Пирситъ.

Оба минерала обладаютъ весьма близкими типично гипогексагональными комплексами, и даже весьма близкимъ развитіемъ формъ, хотя иногда первый принимается за ромбическій, а второй за моноклинный (Гротъ считаетъ оба моноклинными).

Во всякомъ случаѣ не стоитъ разсматривать ихъ отдѣльно другъ отъ друга, а лучше соединить.

Принявъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_3 : p_1 + 3p_2 : 2p_1 : p_1 - 3p_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

			<i>Pr</i>	<i>Pb</i>				<i>Pr</i>	<i>Pb</i>		
<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	+	+	<i>O</i>	1121	201	<i>A</i>	+	+
—	010 $\bar{1}$	010	<i>H</i>	+	—	—	$\bar{1}\bar{1}2\bar{1}$	$\bar{2}01$	<i>A</i>	+	+
—	0110	310	<i>Aa</i>	+	+	—	121 $\bar{1}$	111	<i>O</i>	+	+
<i>D</i>	0121	100	<i>H</i>	+	—	—	$11\bar{1}2$	$\bar{1}11$	<i>O</i>	+	+
—	021 $\bar{1}$	110	<i>D</i>	+	+	<i>B</i>	1242	401	<i>Aa</i> ²	+	—
—	1110	313	<i>Ab</i>	+	—	—	$\bar{1}24\bar{2}$	$\bar{4}01$	<i>Aa</i> ²	+	—

1) Тамъ же стр. 129.

				<i>Pr</i>	<i>Pb</i>					<i>Pr</i>	<i>Pb</i>
<i>B</i>	1422̄	221	<i>B</i>	+	+	<i>Aβ</i>	2633̄	332	<i>Aβ</i>	+	—
—	1224̄	221	<i>B</i>	+	+	—	2336̄	332	<i>Aβ</i>	+	—
<i>C</i>	2121	101	<i>D</i>	+	+	<i>Ac</i>	3242	403	<i>Aaα</i>	—	+
—	2121̄	101	<i>D</i>	+	+	—	3242̄	403	<i>Aaα</i>	—	+
—	2211̄	112	<i>C</i>	+	+	<i>Aγ</i>	3121̄	203	<i>Aα</i>	+	+
—	2112̄	112	<i>C</i>	+	+	—	3121	203	<i>Aα</i>	—	+
<i>Aa</i>	1330	311	<i>Aγ</i>	+	—	<i>Aγ</i>	3112̄	113	<i>Aγ</i>	+	—
—	1303̄	021	<i>A</i>	+	—	<i>Aa</i> ²	4110	3.1.12	<i>Aa</i> ⁴ <i>γAa</i>	+	—
<i>Ab</i>	1363	601	<i>Aa</i> ⁴	+	—	—	0514̄	130	<i>Aa</i>	—	—
—	1363̄	601	<i>Aa</i> ⁴	+	—	<i>Aaγ</i>	4121	102	<i>A</i>	+	+
—	1633̄	331	<i>Ab</i>	+	+	—	4121̄	102	<i>A</i>	—	+
—	1336̄	331	<i>Ab</i>	+	+	—	4211̄	114	<i>Aaγ</i>	+	+
						—	4112̄	114	<i>Aaγ</i>	+	+

Отсюда получается сопоставленіе установокъ:

	новой	<i>H</i> (5)	<i>B</i> (6)	<i>Aa</i> (2)	<i>Aa²</i> (2)	
		<i>D</i> (4)	<i>C</i> (8)	<i>Ab</i> (6)	<i>Aaγ</i> (7)	
		<i>O</i> (8)		<i>Aβ</i> (2)		
				<i>Ac</i> (2)		
				<i>Aγ</i> (4)		
		17	14	16	9	56
старой	<i>H</i> (4)	<i>A</i> (8)	<i>Aa</i> (3)	<i>Aa²</i> (2)	<i>Aa⁴</i> (2)	<i>Aa⁴γAa</i>
	<i>D</i> (6)	<i>B</i> (4)	<i>Aα</i> (3)	<i>Aαα</i> (2)		
	<i>O</i> (4)	<i>C</i> (4)	<i>Ab</i> (5)	<i>Aaγ</i> (4)		
			<i>Aβ</i> (2)			
			<i>Aγ</i> (2)			
	14	16	15	8	2	1 56

47. Енаргитъ.

Комплексъ развитъ вполне отчетливо по кубическому типу. Прежняя установка должна считаться правильною.

48. Нагигитъ.

Тоже.

49. Сильванитъ.

Тоже.

50. Креннеритъ.

Тоже.

III-й КЛАССЪ.

Простые окислы.

Изъ минераловъ кубической сингоніи къ этому классу относятся: *арсенолитъ*, *сенармонтитъ*, *периклазъ*, *манганозитъ*, *бунзенитъ* и *купритъ*.

1. Ледъ.

Замѣчательно, что кристаллы этого столь распространеннаго въ природѣ вещества извѣстны еще весьма несовершенно.

Одно не подлежитъ сомнѣнію, что минералъ этотъ относится къ гипогексагональному типу¹⁾. Это слѣдуетъ изъ хорошо и часто наблюдающихся направленій роста, идущихъ перпендикулярно къ главной оси въ трехъ направленіяхъ подъ угломъ 60°. Это же обстоятельство заставляетъ ожидать принадлежность его къ положительнымъ кристалламъ, и скорѣе считать установку существующую правильною²⁾.

Однако, она требуетъ подтвержденія.

2. Теллуритъ.

Также нельзя окончательно остановиться и на установкѣ этого минерала.

По установкѣ Гольдшмидта наблюденныя формы выразятся символами: 010; 110; 210; 120; 212.

По установкѣ другихъ ученыхъ (въ томъ числѣ Грота) эти же формы выразятся: 010; 120; 110; 140; 111.

Преимущество первой установки — приближеніе къ кубическому комплексу. Но это именно скорѣе составляетъ ея недостатокъ, такъ какъ совершенство спайности по (010) и таблитчатый по этой грани обликъ кристалловъ болѣе гармонируетъ съ представленіемъ о рѣзко положительномъ характерѣ кристалловъ, то есть съ тѣмъ, что длина оси [010] почти вдвое больше чѣмъ двухъ другихъ, какъ это и видно изъ діаграммы.

Во всякомъ случаѣ установка требуетъ подтвержденія.

3. Тунгститъ. 4. Молибдитъ.

Также и комплексъ этихъ минераловъ не можетъ быть окончательно установленъ. Но здѣсь мы не имѣемъ даже данныхъ отдавать одной какой-нибудь установкѣ преимуще-

1) Конечно, это не относится къ полиморфной, кубической разности, не получившей еще названія, на которую указалъ въ градѣ г. Прендель.

2) Помѣщеніе его въ числѣ отрицательныхъ кристалловъ (тамъ же стран. 147) представляло простой недосмотръ.

ство передъ другими въ какомъ бы то ни было отношеніи. Они не нанесены на діаграмму, такъ какъ такое нанесеніе страдало бы произвольностью.

5. Валентинитъ.

Здѣсь гипогексагональный типъ проявляется вполне отчетливо.

Принявъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_2 : p_1 + p_3 : 2p_1 : p_1 - p_3.$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	<i>B</i>	1242	410	Aa^2
<i>D</i>	0121	100	<i>H</i>	$A\alpha$	230 $\bar{3}$	013	Aa
—	110 $\bar{1}$	012	<i>A</i>	<i>Ab</i>	1363	610	Aa^4
—	021 $\bar{1}$	103	Aa	<i>CB</i>	4341	221	<i>B</i>
<i>O</i>	1121	210	<i>A</i>	$A\alpha^2a$	830 $\bar{3}$	043	$Aa\alpha$
—	121 $\bar{1}$	113	$A\gamma$	$Aa^2\alpha a$	940 $\bar{4}$	098	$Aa^6\alpha$
<i>A</i>	210 $\bar{1}$	011	<i>D</i>	Aa^6	810 $\bar{1}$	041	Aa^2
—	120 $\bar{2}$	014	Aa^2				
—	032 $\bar{1}$	102	<i>A</i>				

Отсюда получаемъ сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i>	$A(3)$	$A\alpha$	$A\alpha^2a$	$Aa^2\alpha a$	Aa^6	
	$D(3)$	<i>B</i>	<i>Ab</i>				
	$O(2)$		<i>CB</i>				
	6	4	3	1	1	1	16
старой	$H(2)$	$A(3)$	$Aa(2)$	$Aa^2(3)$	Aa^4	$Aa^6\alpha$	
	<i>D</i>	<i>B</i>	$A\gamma$	$Aa\alpha$			
	3	4	3	4	1	1	16

6. Клодетитъ.

Несмотря на близость комплекса съ предыдущимъ, въ развитіи формъ ясно проявляется кубическій типъ. Прежнюю установку слѣдуетъ считать правильною.

7. Кварцъ.

Въ развитіи формъ этого минерала, отличающагося особымъ богатствомъ комплекса, гипогексагональный типъ выраженъ вполне отчетливо. Прежняя установка должна считаться правильною.

8. Тридимитъ.

Въ этомъ минералѣ также гипогексагональный типъ проявляется съ полною отчетливостью. Тѣмъ не менѣе есть основаніе измѣнить установку, укоротивъ главную ось втрое.

Составляемъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	0001	<i>H</i>	<i>Aa</i>	130 $\bar{3}$	10 $\bar{1}$ 1	<i>D</i>
—	010 $\bar{1}$	10 $\bar{1}$ 0	<i>H</i>	<i>A\alpha</i>	0352	32 $\bar{5}$ 0	<i>A\alpha</i>
<i>D</i>	0121	11 $\bar{2}$ 0	<i>D</i>	—	230 $\bar{3}$	10 $\bar{1}$ 2	<i>A</i>
—	110 $\bar{1}$	10 $\bar{1}$ 3	<i>Aa</i>	<i>Aa^2</i>	140 $\bar{4}$	40 $\bar{4}$ 3	<i>Aa\alpha</i>
<i>A</i>	210 $\bar{1}$	10 $\bar{1}$ 6	<i>Aa^4</i>	<i>Aa^2\alpha</i>	0594	54 $\bar{9}$ 0	<i>Aa^2\alpha</i>
—	120 $\bar{2}$	20 $\bar{2}$ 3	<i>A\alpha</i>	<i>Aa^2\alpha a</i>	490 $\bar{9}$	30 $\bar{3}$ 4	<i>Aa\alpha</i>
{8.24.27.3(3891?) 81 $\bar{9}$ 8(81 $\bar{9}$ 9?)}							

Пропустивъ послѣднюю форму, какъ сомнительную, получимъ слѣдующее сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (2) <i>D</i> (2)	<i>A</i> (2)	<i>Aa</i> <i>A\alpha</i> (2)	<i>Aa^2</i>	<i>Aa^2\alpha</i>	<i>Aa^2\alpha a</i>	
	4	2	3	1	1	1	12
старой	<i>H</i> (2) <i>D</i> (2)	<i>A</i>	<i>Aa</i> <i>A\alpha</i> (2)	<i>Aa\alpha</i> (2)	<i>Aa^2\alpha</i>	<i>Aa^4</i>	
	4	1	3	2	1	1	12

Несмотря на не очень значительное измѣненіе въ результатахъ, необходимость показанной перемѣны установки бросается въ глаза, если сопоставимъ символы граней одного пояса при прежней установкѣ: 10 $\bar{1}$ 6; 10 $\bar{1}$ 3; 10 $\bar{1}$ 2; 20 $\bar{2}$ 3; 30 $\bar{3}$ 4; 10 $\bar{1}$ 1; 40 $\bar{4}$ 3. Мы видимъ, что изъ семи формъ въ четырехъ послѣдній индексъ 3 или 6, что совершенно не соотвѣтствуетъ правильному развитію формъ.

9. Брукитъ.

И въ этомъ минералѣ можно допустить гипогексагональное развитіе формъ.

Принявъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_2 : 2p_1 + p_3 : 2p_3 : -2p_1 + p_3$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	<i>O</i>	1121	012	<i>A</i>
—	010 $\bar{1}$	100	<i>H</i>	—	121 $\bar{1}$	322	<i>Ac</i>
—	0110	102	<i>A</i>	<i>A</i>	120 $\bar{2}$	210	<i>A</i>
<i>D</i>	0121	001	<i>H</i>	—	210 $\bar{1}$	120	<i>A</i>
—	110 $\bar{1}$	110	<i>D</i>	—	1220	112	<i>C</i>
—	1110	122	<i>B</i>	—	2110	142	<i>CA</i>

<i>B</i>	232 $\bar{1}$	111	<i>O</i>	<i>Aa</i> ^{2b}	5561	256	$\mathfrak{U}b$
<i>C</i>	2121	011	<i>D</i>	<i>Aa</i> ^{2γ}	521 $\bar{1}$	3.10.2	<i>Aa</i> ^{2γ} <i>Aγ</i>
—	132 $\bar{1}$	212	<i>B</i>	<i>Aα</i> ^{2γ}	8363	043	<i>Aαα</i>
—	221 $\bar{1}$	342	<i>C</i> ²	<i>AcCa</i>	8.15.18.3	349	<i>BAγ</i>
\mathfrak{U}	2341	124	<i>CA</i>	<i>Aa</i> ⁴	1606	610	<i>Aa</i> ⁴
<i>Aa</i>	1330	326	$\mathfrak{U}\gamma$	<i>Aa</i> ^{2αa}	4909	940	<i>Aa</i> ^{2αa}
—	0341	104	<i>Aa</i> ²	<i>Aa</i> ^{2γ} <i>A</i>	732 $\bar{1}$	272	<i>Aααγ</i>
<i>Aα</i>	230 $\bar{3}$	320	<i>Aα</i>	<i>Aαα</i> ³	2990	9.4.18	<i>AabCa</i>
<i>Ab</i>	3341	134	<i>CB</i>	<i>Aα</i> ^{2ab}	11.11.4.3	9.11.14	<i>AbCb</i>
<i>Ac</i>	342 $\bar{2}$	332	<i>Aβ</i>	$\mathfrak{U}a3b$	20.21.26.5	4.10.13	<i>AabCb</i>
<i>CA</i>	432 $\bar{1}$	121	<i>C</i>	<i>Aa</i> ⁵	1707	710	<i>Aa</i> ⁵
<i>C</i> ²	4523	221	<i>B</i>	<i>Aa</i> ^{2α²a}	5.14.14.0	7.5.14	<i>AcBa</i>
<i>Aa</i> ²	140 $\bar{4}$	410	<i>Aa</i> ²	<i>Aαα</i> ⁴	2.11.0 $\bar{1}\bar{1}$	11.2.0	<i>Aαα</i> ⁴
<i>Aαα</i>	3440	234	<i>C</i> ²	<i>Aαα</i> ^{2αc}	16.9.18.9	089	<i>Aa</i> ^{6α}
<i>Aab</i>	4451	3.8.10	<i>BCb</i>	<i>Aa</i> ⁷	1909	910	<i>Aa</i> ⁷
<i>Aaγ</i>	4121	021	<i>A</i>	<i>Aa</i> ^{5γ} <i>A</i>	10.3.2. $\bar{1}$	151	<i>Aa</i> ^{2γ}
<i>AβB</i>	896 $\bar{3}$	343	<i>Aac</i>	<i>Aa</i> ^{4γ} <i>Bγ</i>	8.27.18.9	949	<i>Aa</i> ^{2αb}
<i>BAγ</i>	4.9.12.3	3.4.12	<i>AγAaγ</i>	<i>Aa</i> ^{2γ} <i>Aγaγ</i>	22.7.12.5	1.22.12	<i>Aa</i> ^{6γ} <i>Bα</i>
<i>CBe</i>	894 $\bar{5}$	784	<i>CBβ</i>	<i>Aa</i> ⁸	0.11.10. $\bar{1}$	305	<i>Aα</i> ²

Отсюда сопоставленіе установокъ:

НОВОЙ	<i>H</i> (3)	<i>A</i> (4)	<i>Aa</i> (2)	<i>Aa</i> ²	<i>Aa</i> ^{2b}	<i>Aa</i> ⁴	<i>Aa</i> ⁵	<i>Aa</i> ⁷	<i>Aa</i> ⁸
	<i>D</i> (3)	<i>B</i>	<i>Aα</i>	<i>Aαα</i>	<i>Aa</i> ^{2γ}	<i>Aa</i> ^{2αa}	<i>Aa</i> ^{2α²a}	<i>Aa</i> ^{5γ} <i>A</i>	
	<i>O</i> (2)	<i>C</i> (3)	<i>Ab</i>	<i>Aab</i>	<i>Aα</i> ^{2γ}	<i>Aa</i> ^{2γ} <i>A</i>	<i>Aαα</i> ⁴	<i>Aa</i> ^{4γ} <i>Bγ</i>	
		\mathfrak{U}	<i>Ac</i>	<i>Aaγ</i>	<i>AcCa</i>	<i>Aαα</i> ³	<i>Aαα</i> ^{2αc}	<i>Aa</i> ^{2γ} <i>Aγaγ</i>	
			<i>CA</i>	<i>AβB</i>		<i>Aα</i> ^{2ab}			
			<i>C</i> ²	<i>BAγ</i>		$\mathfrak{U}a3b$			
				<i>CBe</i>					
<hr/>									
	8	9	7	7	4	6	4	4	1 50
СТАРОЙ	<i>H</i> (3)	<i>A</i> (5)	<i>Aα</i>	<i>Aa</i> ²⁽²⁾	<i>Aa</i> ^{2γ}	<i>Aa</i> ⁴	<i>Aa</i> ⁵	<i>Aa</i> ⁷	<i>Aa</i> ^{6γ} <i>Bα</i>
	<i>D</i>	<i>B</i> (3)	<i>Aβ</i>	<i>Aαα</i>	<i>Aααγ</i>	<i>Aa</i> ^{2αa}	<i>Aa</i> ^{2γ} <i>Aγ</i>	<i>Aa</i> ^{6α}	
	<i>O</i> (2)	<i>C</i> (2)	<i>Ac</i>	<i>Aac</i>	<i>AbCb</i>	<i>Aa</i> ^{2αb}	<i>Aαα</i> ⁴		
			<i>CA</i> (2)	<i>Aα</i> ²	<i>AcBa</i>	<i>AabCa</i>			
			<i>CB</i>	<i>BAγ</i>		<i>AabCb</i>			
			<i>C</i> ²⁽²⁾	<i>BCb</i>		<i>AγAaγ</i>			
			$\mathfrak{U}b$	<i>CBβ</i>					
			$\mathfrak{U}\gamma$						
<hr/>									
	6	10	10	8	4	6	3	2	1 50

Мы видимъ отсюда, что результатъ выраженъ не очень рѣзко¹⁾. Въ такихъ случаяхъ приходится обращать вниманіе на характеръ формъ, насколько онъ выражается въ зональных символахъ. И вотъ въ этомъ отношеніи различіе въ пользу новой установки проявляется рѣзче. Мы видимъ появленіе столь исключительно рѣдкихъ формъ какъ Ab , Ac именно при старой установкѣ, отсутствіе изъ формъ высшихъ періодовъ Aa^8 , а появленіе вмѣсто этого столь странной формы какъ послѣдняя, приведенная въ таблицѣ.

Любопытно также, что при гипогексагональной установкѣ комплексъ является близкимъ къ изотропному²⁾.

1) Уже во время печатанія этого труда авторомъ выработана еще болѣе совершенный критерій для сужденія о правильности установки. Онъ состоитъ въ сопоставленіи параметровъ всѣхъ формъ при двухъ сравниваемыхъ установкахъ.

Для кристалловъ кубическаго типа символъ имѣетъ форму $(p_1 p_2 p_3)$ и параметръ есть $(p_1^2 + p_2^2 + p_3^2)$. Для кристалловъ гипогексагональнаго типа символъ имѣетъ форму $(q_0 q_1 q_2 q_3)$ и параметръ есть $\frac{1}{4} [3q_0^2 + 4(q_1^2 + q_2^2 - q_1 q_2)]$. Такимъ образомъ мы можемъ сравнивать между собою не только двѣ различныя установки

кристалловъ одного и того же типа, но и кристаллы разныхъ типовъ.

Примѣнимъ это для брукита. Получивъ всѣ величины параметровъ для обѣихъ установокъ, мы ихъ располагаемъ въ общій рядъ по возрастающей величинѣ. При этомъ для формъ гипогексагональнаго типа въ величину параметра входятъ не только цѣлое число, но иногда и дробь $\frac{3}{4}$. Для краткости мы замѣняемъ эту дробь простою точкою.

Сдѣлавъ это для брукита, мы получимъ слѣдующее сопоставленіе:

Гипогекс. установка.	Общее число формъ	1	3	5	5	6	8	10	12	12	14	15	15	16	17	18	19	20	21	22	22	23	24	25
Число формъ съ этимъ параметромъ		1	2	2	—	1	2	2	2	—	2	1	—	1	1	1	1	1	1	1	—	1	1	1
Параметръ		1	1	2	3	3	4	4	5	6	7	9	9	10	12	13	15	16	16	17	18	19	19	19
Кубическ. установка.	Число формъ съ этимъ параметромъ	—	3	—	1	2	—	—	—	5	2	—	3	—	—	—	1	—	—	—	3	—	—	—
Общее число формъ		—	3	3	4	6	6	6	6	11	13	13	16	16	16	17	17	17	17	20	20	20	20	20
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		25	26	26	27	27	27	27	28	29	29	30	30	31	31	33	33	33	34	35	36	37	38	38
		—	1	—	1	—	—	—	1	1	—	1	—	1	—	2	—	—	—	1	1	1	1	—
		21	21	22	23	25	26	27	29	31	33	34	36	37	43	49	49	50	57	65	75	81	82	84
		2	—	1	—	1	1	1	2	—	—	2	—	1	—	1	—	1	1	1	—	—	1	—
		22	22	23	23	24	25	26	28	28	28	39	30	31	31	32	32	33	35	35	35	35	36	36
		—	—	—	—	—	—	—	+	0	—	+	0	+	0	+	—	0	+	+	+	0	0	—
		+	+	+	+	+	+	+	0	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—
		41	41	42	42	43	43	43	43	44	45	45	45	46	46	46	47	48	49	49	49	49	50	50
		2	—	1	—	1	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	1	—
		111	113	124	125	129	145	167	173	178	214	253	270	285	327	398	421	435	472	615	629	871	871	871
		—	1	—	1	1	1	1	1	1	—	—	1	1	—	1	1	—	—	—	—	1	—	—
		38	39	39	40	41	42	43	44	45	45	45	46	47	47	48	49	49	49	49	49	50	50	50
		—	—	—	—	—	—	0	+	+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+

Знакъ + и — выражаютъ относительное общее число всѣхъ вышихъ формъ т. е. формъ съ меньшими параметрами.

Мы видимъ, что при этомъ, болѣе точномъ способѣ сопоставленія установокъ преимущества гипогексагональной установки для брукита выражаются очень рѣзко, такъ какъ главное значеніе, конечно, имѣетъ сопоставленіе формъ съ меньшими величинами параметровъ т. е. формъ, чаще всего встрѣчающихся и въ

опредѣленіи которыхъ не имѣется никакого сомнѣнія.

Послѣдовательное проведеніе сопоставленій по этому принципу заставило бы заново переработать весь этотъ трудъ. Но это является даже излишнимъ, такъ какъ въ значительномъ большинствѣ случаевъ и примѣніе прежняго способа приводитъ къ несомнительнымъ результатамъ.

2) Какъ уже было упомянуто въ указанномъ мѣстѣ стр. 129.

10. Анатазь.

Прежняя установка этого тетрагонального, а слѣдовательно минерала кубическаго типа должна считаться правильною.

11. Бадделеитъ.

Развитіе формъ этого моноклиннаго минерала отчетливо кубическаго типа, и прежняя установка должна считаться правильною.

12. Рутиль. 13. Цирпонъ. 14. Торитъ. 15. Касситеритъ. 16. Поліанитъ.

Прежняя установка этихъ столь близкихъ другъ къ другу по формамъ тетрагональныхъ минераловъ должно считаться правильною.

17. Платтнеритъ.

При скудости формъ этого минерала установка не можетъ считаться окончательною. Но все-таки можно нѣсколько ее упростить, принявъ за уравненія преобразованія

$$p_1' : p_2' : p_3' = p_1 - p_2 : p_1 + p_2 : 3p_3$$

Тогда получимъ слѣдующее измѣненіе индексовъ:

старые	001	010	011	031	332
новые	001	$\bar{1}10$	$\bar{1}13$	$\bar{1}11$	011

Заслуживаетъ вниманія, что при этой установкѣ соотвѣтствіе комплекса этого минерала съ комплексами предыдущихъ становится замѣтнѣе. Можно выразить это соотвѣтствіе словами: у платтнерита главная ось вдвое длиннѣе, чѣмъ у остальныхъ членовъ группы

18. Цинкитъ.

Гипогексагональный типъ развитія формъ этого гексагональнаго минерала выраженъ весьма отчетливо. Прежняя установка, соотвѣтствующая этому типу, должна считаться правильною.

19. Корундъ. 20. Гематитъ.

Комплексы этихъ двухъ минераловъ столь близки другъ къ другу, что ради сокращенія могутъ разсматриваться совмѣстно. Кубическій типъ развитія формъ выраженъ весьма отчетливо, особенно въ кристаллахъ желѣзнаго блеска. Соотвѣтственно этому, прежніе символы подлежатъ измѣненію по формулѣ

$$p_1 : p_2 : p_3 = q_1 + 2q_4 : q_2 + 2q_4 : -q_1 - q_2 + 2q_4.$$

На основаніи этого составляемъ таблицу:

<i>H</i>	001	$\overline{2}241$	<i>B</i>	+	+	<i>Aa\gamma</i>	114	$\overline{1}\overline{1}21$	<i>O</i>	+	+
<i>D</i>	10 $\overline{1}$	10 $\overline{1}0$	<i>H</i>	+	+	—	$\overline{1}\overline{1}4$	5.5.10.1	<i>Aa^2b</i>	+	—
—	110	11 $\overline{2}1$	<i>O</i>	+	+	—	$\overline{1}\overline{1}4$	7 $\overline{1}82$	<i>Aa^2\gamma A</i>	+	—
<i>O</i>	111	0001	<i>H</i>	+	+	<i>A\alpha a</i>	025	14.2.16.7	<i>AcBa</i>	+	—
—	11 $\overline{1}$	44 $\overline{8}1$	<i>Aab</i>	+	—	<i>A\alpha^2</i>	530	7184	<i>AbA</i>	+	+
<i>A</i>	210	20 $\overline{2}1$	<i>A</i>	+	+	<i>A\alpha b</i>	552	11 $\overline{2}2$	<i>C</i>	+	+
—	$\overline{1}02$	8.2.10.1	<i>Aa^3\gamma A</i>	+	—	<i>A\beta A</i>	852	60 $\overline{6}5$	<i>Aa^3\alpha</i>	+	+
<i>B</i>	221	22 $\overline{4}5$	<i>Aa\gamma</i>	+	—	<i>A\gamma A</i>	52 $\overline{1}$	30 $\overline{3}1$	<i>Aa</i>	—	+
—	22 $\overline{1}$	22 $\overline{4}1$	<i>B</i>	+	—	<i>A\gamma B</i>	41 $\overline{5}$	41 $\overline{5}0$	<i>Aa^2</i>	+	—
—	21 $\overline{2}$	10.4.14.1	$\mathfrak{A}a^2$	+	—	<i>A\gamma C</i>	543	10 $\overline{1}2$	<i>A</i>	+	—
<i>C</i>	11 $\overline{2}$	11 $\overline{2}0$	<i>D</i>	+	+	<i>CA\alpha</i>	71 $\overline{5}$	12.0.12.1	<i>Aa^{10}</i>	—	+
—	112	$\overline{1}\overline{1}22$	<i>C</i>	+	—	<i>CAc</i>	457	41 $\overline{5}8$	<i>CBa</i>	+	—
—	21 $\overline{1}$	41 $\overline{5}1$	<i>Aa\gamma</i>	+	—	<i>CA\gamma</i>	72 $\overline{3}$	50 $\overline{5}1$	<i>Aa^3</i>	+	—
\mathfrak{A}	21 $\overline{3}$	21 $\overline{3}0$	<i>A</i>	+	—	<i>CBa</i>	148	20.2.22.13	<i>B^2\alpha^2</i>	+	—
—	321	10 $\overline{1}1$	<i>D</i>	+	—	<i>C^2a</i>	92 $\overline{5}$	70 $\overline{7}1$	<i>Aa^5</i>	+	+
<i>Aa</i>	013	41 $\overline{5}2$	<i>CA</i>	+	—	<i>Aa^2\alpha</i>	540	42 $\overline{6}3$	<i>C^2</i>	+	—
<i>A\alpha</i>	320	82.10.5	<i>A\beta A</i>	+	+	<i>Aa\alpha a</i>	037	10.1.12.5	<i>AbAa</i>	+	—
<i>Ab</i>	331	44 $\overline{8}7$	<i>Aa\alpha c</i>	+	—	<i>Aa\gamma A</i>	126	42 $\overline{6}3$	<i>C^2</i>	—	+
<i>A\beta</i>	332	11 $\overline{2}4$	<i>Aa\gamma</i>	+	—	<i>A\alpha\alpha\alpha</i>	750	31 $\overline{4}2$	\mathfrak{A}	+	—
—	33 $\overline{2}$	5.5.10.2	<i>A\alpha b</i>	+	—	<i>A\alpha ab</i>	772	5.5.10.8	<i>A\alpha^2c</i>	+	—
—	32 $\overline{3}$	7.4.11.1	<i>AbA</i>	+	—	<i>A\alpha a\gamma</i>	338	5.5.10.7	<i>A\alpha\alpha c</i>	+	—
<i>Ac</i>	223	22 $\overline{4}7$	<i>A\alpha a\gamma</i>	+	—	<i>A\gamma A\alpha</i>	81 $\overline{6}$	14.0.14.1	<i>Aa^{12}</i>	—	+
<i>A\gamma</i>	31 $\overline{1}$	401	<i>Aa^2</i>	+	+	<i>CAa\gamma</i>	11.4.3	70 $\overline{7}2$	<i>A\alpha a^2</i>	—	+
—	113	44 $\overline{5}$	<i>Aa^2C</i>	+	—	<i>CA\alpha a</i>	13.6.1	7.0.73	<i>Aa\alpha a</i>	—	+
<i>BA</i>	513	80 $\overline{8}1$	<i>Aa^6</i>	+	+	<i>CBa\gamma</i>	13.4.5	90 $\overline{9}2$	<i>A\alpha a^3</i>	+	—
<i>BC</i>	235	41 $\overline{5}5$	<i>A\gamma B</i>	+	—	<i>CB\gamma^2</i>	15.4.7	11.0.11.2	<i>A\alpha a^3</i>	—	+
—	32 $\overline{5}$	32 $\overline{5}0$	<i>A\alpha</i>	—	+	<i>Aa^3c</i>	556	11 $\overline{2}8$	<i>Aa^5\gamma</i>	+	—
<i>CA</i>	41 $\overline{2}$	60 $\overline{6}1$	<i>Aa^4</i>	+	+	<i>Aa^3\gamma</i>	116	5.5.10.4	<i>Aa^2\beta</i>	+	—
—	42 $\overline{1}$	14.2.16.5	<i>Aa\gamma A\gamma a</i>	+	—	—	$\overline{1}\overline{1}6$	7.7.14.2	<i>A\alpha ab</i>	—	+
—	124	8.2.10.7	<i>A\gamma Ab</i>	+	—	<i>Aa\alpha\alpha c</i>	7.7.10	1.124	<i>Aa\gamma</i>	+	—
<i>CB</i>	431	41 $\overline{5}4$	<i>Aab</i>	+	—	<i>Aa\alpha^2b</i>	11.4.11	29.8.37.2	<i>Aa\alpha^2\gamma Aa^2</i>	+	—
<i>Aa\alpha</i>	430	10.4.14.7	<i>Aa\alpha C</i>	+	—	<i>Aa\alpha^2\alpha</i>	970	11.5.16.8	<i>A\alpha Cc</i>	+	—
<i>Aa\alpha c</i>	334	11 $\overline{2}5$	<i>Aa^2\gamma</i>	+	—	<i>Aa\alpha\gamma B</i>	11.2.7	90 $\overline{9}1$	<i>Aa^7</i>	+	—
—	33 $\overline{4}$	7.7.14.1	<i>Aa^4b</i>	—	+	<i>A\alpha^2a\beta</i>	11.11.8	11 $\overline{2}5$	<i>Aa^2\gamma</i>	—	+

$AbC\gamma a$	4.11.25	28.7.35.20	$CA\alpha\alpha$	+	+	$Aa^8\beta$	11.11.10	1.1.2.16	$Aa^{18}\gamma$	+	—
$Aa^4\alpha\beta$	13.13.2	5.5.104	$Aa^2\beta$	+	—	—	11.11.10	7.7.14.2	$A\alpha ab$	—	+
$Aa^4\gamma A$	2.1.9	4.3.71	CB	+	—	$Aa^2\alpha a^6\alpha$	33.29.0	37.25.62.31	$Aa^4\alpha a^2\gamma C$	+	—
$Aa^7\gamma$	1.1.10	3.3.6.2	$A\beta$	+	—	$Aa^{12}\gamma C$	15.15.16	1.1.2.23	$Aa^{20}\gamma$	+	—

Отсюда получаемъ сопоставленіе установокъ:

НОВОЙ	$H(2)$	$A(3)$	Aa	$Aa\alpha$	$Aa^2\alpha$	$Aa^3\gamma(2)$	$Aa^4\alpha\beta$	$Aa^7\gamma$		
	$D(4)$	$B(3)$	$A\alpha(2)$	$Aac(2)$	$Aa\alpha a$	$Aa\alpha ac$	$Aa^4\gamma A$	$Aa^8\beta(2)$		
	$O(3)$	$C(4)$	Ab	$Aa\gamma(4)$	$Aa\gamma A$	$Aa\alpha^2b$		$Aa^2\alpha a^6\alpha$		
		$\mathfrak{A}(2)$	$A\beta(3)$	$Aa\alpha$	$A\alpha\alpha\alpha$	$A\alpha a^2\alpha$		$Aa^{12}\gamma C$		
			Ac	$A\alpha^2(2)$	$A\alpha ab$	$A\alpha a\gamma B$				
			$A\gamma(3)$	$A\alpha b(2)$	$A\alpha a\gamma$	$A\alpha^2a\beta$				
			$BA(2)$	$A\beta A(2)$	$A\gamma A\alpha$	$AbC\gamma a$				
			$BC(2)$	$A\gamma A$	$CAa\gamma$					
			$CA(4)$	$A\gamma B$	$CA\alpha a$					
			CB	$A\gamma C$	$CBa\gamma$					
				$CA\alpha$	$CB\gamma^2$					
				CAc						
				$CA\gamma$						
				CBa						
				$C^2a(2)$						
	9	12	20	23	11	9	2	5	91	
старой	$H(4)$	$A(4)$	Aa	$Aa^2(3)$	Aa^3	$Aa^2\beta$	$Aa^4(2)$	$Aa^5(2)$	$Aa^6(2)$	
	$D(3)$	$B(3)$	$A\alpha$	$Aab(2)$	Aa^2b	$A\alpha cC$	$Aa^3\alpha(2)$	Aa^4b	$Aa^5\gamma$	
	$O(4)$	$C(3)$	$A\beta$	$Aa\gamma(4)$	$Aa^2\beta$	$AcBa$	$Aa^2\gamma A$	$Aa^3\gamma A$	Aa^7	
		\mathfrak{A}	CA	$A\alpha b$	Aa^2c	$B^2\alpha^2$	$A\alpha a^3(2)$	$Aa\gamma A\gamma a$	$A\alpha a^2\gamma Aa^2$	
			CB	$AbA(3)$	$Aa^2\gamma(2)$		$CA\alpha c\alpha$		$Aa^4\alpha a^2\gamma C$	
			$C^2(2)$	$A\beta A(2)$	$Aa\alpha a$				Aa^{10}	
				$A\gamma B$	$Aa\alpha c$				Aa^{12}	
				CBa	$AacC$				$Aa^{13}\gamma$	
				$\mathfrak{A}a^2$	$A\alpha a^2$				$Aa^{20}\gamma$	
					$A\alpha ab(2)$					
					$A\alpha ac$					
					$A\alpha a\gamma$					
					$A\alpha^2c$					
					$AbAa$					
					$A\gamma Ab$					
	11	11	7	18	17	4	8	5	10	91

Уменьшеніе числа формъ I періода есть только кажущееся, такъ какъ эти формы насыщены, то есть другихъ формъ этого періода, кромѣ имѣющихся въ этихъ комбинаціяхъ, вообще не существуетъ.

21. Глетъ.

Прежняя установка этого ромбического минерала по кубическому типу должна считаться правильною.

22. Мелаконитъ.

Прежняя установка этого моноклинного минерала по кубическому типу должна считаться правильною.

23. Парамелаконитъ.

Прежняя установка этого ромбического минерала по кубическому типу должна считаться правильною.

24. Сассолинъ.

Извѣстныя комбинаціи этого триклинного минерала недостаточны для правильной установки.

25. Гидраргиллитъ.

Уже было показано, что формы этого моноклинного минерала должны быть отнесены къ гипогексагональному типу¹⁾.

Принявъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_3 : p_1 + p_2 : 2p_2 : -p_1 + p_2$$

составимъ табличку:

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>A</i>	0321	210	<i>A</i>
—	0101	100	<i>H</i>	<i>C</i>	1123	211	<i>C</i>
—	0110	110	<i>D</i>	<i>Aa</i>	0523	410	<i>Aa</i> ²
<i>D</i>	0121	010	<i>H</i>	<i>Aαα</i>	0743	520	<i>Aαα</i>
—	0211	310	<i>Aa</i>	<i>Aaβ</i>	3448	623	<i>αγ</i>
—	1101	101	<i>D</i>	<i>Aαα</i> ²	0.11.4.7	920	<i>Aαα</i> ³
<i>O</i>	1211	312	<i>α</i>	<i>Aa</i> ¹²	0.15.14.1	870	<i>Aa</i> ^{5α}

Отсюда получаемъ сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (3)	<i>A</i>	<i>Aα</i>	<i>Aαα</i>	<i>Aαα</i> ²	<i>Aα</i> ¹²
	<i>D</i> (3)	<i>C</i>		<i>Aaβ</i>		
	<i>O</i>					

7 2 1 2 1 1 14

1) Тамъ же стр. 143.

старой	$H(3)$	A	Aa	Aa^2	$A\alpha\alpha^3$	$Aa^5\alpha$
	$D(2)$	C	$\mathfrak{A}\gamma$	$A\alpha\alpha$		
		\mathfrak{A}				
	5	3	2	2	1	1
						14

26. Диаспоръ. 27. Манганитъ. 28. Гетитъ.

Прежняя установка этихъ весьма близкихъ другъ къ другу минераловъ ромбической сингоніи и отчетливо кубическаго типа должна считаться правильною.

29. Бруситъ. 30. Пирохроитъ.

Гипогексагональное развитіе формъ перваго минерала вполне отчетливо. Второй же, хотя имѣетъ слишкомъ мало граней для самостоятельной установки, но по близости формъ можетъ быть соединенъ съ предыдущимъ. Прежняя гипогексагональная установка должна считаться правильною.

31. Пироауритъ.

Хотя наблюдалось всего три формы (0001) , $(10\bar{1}1)$ и $(21\bar{3}0)$, но уже по нимъ сомнѣваться въ правильности гипогексагональной установки нѣтъ основаній.

Наконецъ, кристаллизація *пиростибита*, хотя и не очень бѣднаго формами, представляется столь странною и неправильною, что до лучшаго разъясненія формъ вопросъ о правильной установкѣ приходится оставить открытымъ.

IV-й КЛАССЪ.**Галоидныя соли.**

Изъ относящихся сюда минераловъ слѣдующіе кристаллизуются въ формахъ кубической сингоніи: *сильвинъ*, *нашатырь*, *галитъ*, *уантаянитъ*, *кераргиритъ*, *эмболитъ*, *бромаргиритъ*, *йодобромитъ*, *хлорокальцитъ*, *флуоритъ*, *нантокитъ*, *маршитъ*, *райтстонитъ*, *иератитъ*, *криптогалитъ*.

1. Йодиритъ.

Прежняя, гипогексагональная, установка этого минерала должна считаться правильною.

2. Селлаитъ.

Прежняя, кубическая, установка этого тетрагональнаго минерала должна считаться правильною.

3. Тизонить.

Прежняя, гипогексагональная, установка этого гексагонального минерала должна считаться правильною.

4. Каломель.

Прежняя, кубическая, установка этого тетрагонального минерала должна считаться правильною.

5. Котуннить.

Принявъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_3 : p_1 + p_2 : 2p_1 : p_1 - p_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>O</i>	1121	101	<i>D</i>
—	010 $\bar{1}$	010	<i>H</i>	<i>A</i>	210 $\bar{1}$	012	<i>A</i>
<i>D</i>	0121	100	<i>H</i>	—	120 $\bar{2}$	021	<i>A</i>
—	110 $\bar{1}$	011	<i>D</i>	—	1220	111	<i>O</i>
—	1110	112	<i>C</i>				

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (2)	<i>A</i> (3)	старой	<i>H</i> (3)	<i>A</i> (2)
	<i>D</i> (3)			<i>D</i> (2)	<i>C</i>
	<i>O</i>			<i>O</i>	
<hr/>			<hr/>		
	6	3		6	3

Это сопоставленіе показываетъ, что обѣ установки съ этой точки зрѣнія равноправны¹⁾.

Однако мы имѣемъ косвенныя указанія въ пользу старой установки.

При гипогексагональной установкѣ комплексъ является псевдоизотропнымъ (уголъ между 1000 и 110 $\bar{1}$ 49°58 вмѣсто 49°6' изотропнаго комплекса; еще лучше уголъ между 1000 и 1121 63°29 вмѣсто 63°26), между тѣмъ какъ игольчатость и шелковистый блескъ

1) Въ виду неопредѣленности результата примѣнимъ новый критерій (стр. 38). Получимъ

Гипогексагон. установка	$\begin{cases} + & - & + & - & - & 0 & + & + & + \\ 1 & 2 & 4 & 4 & 5 & 6 & 7 & 9 & 9 & 9 \\ 1 & 1 & 2 & - & 1 & 1 & 1 & 2 & - & - \end{cases}$
Параметръ	· 1 1 2 3 3 4 4 5 6

Кубическая установка	$\begin{cases} - & 3 & - & 2 & 1 & - & - & - & 2 & 1 \\ - & 3 & 3 & 5 & 6 & 6 & 6 & 6 & 8 & 9 \\ - & + & - & + & + & 0 & - & - & - & - \end{cases}$
-------------------------	---

Результатъ все-таки довольно неопредѣленный, но свидѣтельствующій скорѣе въ пользу кубической установки.

кристалловъ ясно указываетъ на рѣзко отрицательный ихъ характеръ, а это и соотвѣтствуетъ старой, кубической установкѣ.

Нельзя не обратить вниманія на старое указаніе Шрауфа о ближайшемъ родствѣ комплекса этого минерала съ комплексомъ каломели. Разница въ углахъ не превышаетъ четырехъ минутъ.

Если бы можно было считать комплексы столь близкими, пришлось бы произвести преобразование по формулѣ

$$p_1' : p_2' : p_3' = 2p_1 : p_3 : 2p_2$$

и тогда составили бы табличку символовъ:

Гольдшмидта	001	010	100	012	011	021	101	112	111
Шрауфа	001	010	100	014	012	011	101	214	212.

Мы усматриваемъ отсюда, что, несмотря на чрезвычайную близость въ углахъ комплексовъ каломели и котуннита, комплексы ихъ нельзя считать одинаковыми; ихъ нужно отнести къ комплексамъ гетероморфнымъ.

Отнеся эти кристаллы къ кубическому типу, мы однако ясно сознаемъ необходимость подтвержденія.

6. Карналлитъ.

Если принять за уравненія преобразования

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_3 : p_1 + p_2 : 2p_1 : p_1 - p_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>O</i>	1121	101	<i>D</i>
—	010 $\bar{1}$	010	<i>H</i>	<i>A</i>	120 $\bar{2}$	021	<i>A</i>
—	0110	110	<i>D</i>	—	1220	111	<i>O</i>
<i>D</i>	110 $\bar{1}$	011	<i>D</i>	<i>A\alpha</i>	320 $\bar{2}$	023	<i>A\alpha</i>
—	1110	112	<i>C</i>	—	3220	113	<i>A\gamma</i>

Какъ видимъ, и въ этомъ случаѣ обѣ установки приводятъ къ одному и тому же результату ¹⁾.

Остается преимущество новой установки въ томъ, что уголъ между (010 $\bar{1}$) и (0110)

1) Въ виду неопредѣленности результата примѣнимъ новый критерій (стр. 38). Получимъ

Гипогексагон. установка	+	+	+	0	—	0	+	+	0	+	+
Параметръ	1	3	5	5	5	6	8	8	8	10	10
	1	2	2	—	—	1	2	—	—	2	—
	1	1	2	3	3	4	5	6	10	11	13

Кубическая установка	—	2	—	3	1	—	—	1	1	—	1	1
	—	2	2	5	6	6	6	7	8	8	9	10
	—	—	—	0	+	0	—	—	0	—	—	—

Результатъ довольно отчетливый въ пользу гипогексагональной установки.

очень близокъ къ 60° , а именно $59^\circ 14'$. Поэтому мы и относимъ кристаллы этого ромбического минерала къ гипогексагональнымъ.

7. Кріолитъ.

Формы этого минерала развиты вполне отчетливо по кубическому типу. Прежняя установка должна считаться правильной.

8. Хіолитъ.

Прежняя установка этого тетрагонального минерала можетъ считаться правильною. Однако комплексъ развитъ такъ несовершенно, что требуется подтвержденіе.

9. Прозопитъ.

Формы этого моноклинного минерала развиты отчетливо по гипогексагональному типу. Если примемъ за уравненія преобразования

$$a_0 : a_1 : a_2 : a_3 = p_1 : p_2 + p_3 : 2p_3 : -p_2 + p_3$$

то составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	010 $\bar{1}$	010	<i>H</i>	<i>D</i>	1110	211	<i>C</i>
—	0110	011	<i>D</i>	<i>O</i>	121 $\bar{1}$	231	\mathfrak{A}
<i>D</i>	110 $\bar{1}$	110	<i>D</i>	<i>A</i>	$\bar{1}220$	$\bar{1}11$	<i>O</i>
—	021 $\bar{1}$	031	<i>Aa</i>				

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (2)	<i>A</i>	старой	<i>H</i>	<i>C</i>	<i>Aa</i>
	<i>D</i> (3)			<i>D</i> (2)	\mathfrak{A}	
	<i>O</i>			<i>O</i>		
	<hr/>			<hr/>		
	6	1		4	2	1

Разница столь рѣзка, какъ это рѣдко бываетъ.

10. Пахнолитъ.

Формы этого моноклинного минерала развиты весьма отчетливо по кубическому типу. Прежняя установка должна считаться правильной.

11. Томсенолитъ.

Этотъ моноклинный минералъ прямо можетъ быть отнесенъ къ псевдокубическимъ.

12. Флуоцеритъ.

Прежняя, гипогексагональная, установка этого гексагонального минерала можетъ считаться правильною.

13. Матлокитъ.

Прежняя, кубическая, установка этого тетрагонального минерала можетъ считаться правильною.

14. Фидлеритъ.

Въ разрѣшеніи вопроса о правильной установкѣ этого моноклиннаго минерала мы натыкаемся на спеціальныя трудности. Составленная діаграмма ясно говоритъ о гипогексагональномъ типѣ и о полномъ несоотвѣтствіи характера развитія формъ съ прежней установкой.

Если примемъ за уравненія преобразования

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 5p_2 : 6p_1 + 4p_3 : 5p_3 : -6p_1 + p_3$$

то найдемъ, между прочимъ, для формы m (450) новый символъ (25.24.0.24); онъ такъ близокъ къ (110 $\bar{1}$), что едва ли различіе не нужно отнести только къ несовершенству образованій граней этого рѣдкаго минерала. Также форма (477) получитъ новый символъ 35.54.35.19); онъ такъ близокъ къ (232 $\bar{1}$), что, при несовершенствѣ граней, мы именно, послѣдній должны признать за истинный.

Сдѣлавъ такія допущенія, составимъ табличку:

H	010 $\bar{1}$	100	H	B	232 $\bar{1}$	477?	$Aa\alpha\beta$
—	0011	203	$A\alpha$	BC	5253	133	Ab
D	110 $\bar{1}$	450?	$Aa^2\alpha$	Aa^2	0451	001	H
—	1110	166	$Aa^3\gamma$	$Aa^2\alpha$	0459	403	$Aa\alpha$
O	121 $\bar{1}$	111	O	$Aa^2\beta$	5954	455?	$Aa^2\beta$
				$Aa^3\alpha$	5606	110	D

Преимущества новой установки становятся очевидными. Подтвержденіе правильности сдѣланнаго толкованія весьма желательно. Замѣтимъ, что при новой установкѣ уголъ между (0110) и (0011) 59°44', а также что при ней же сильно понижается величина асимметріи. Вмѣсто угла 12°40' между горизонтальною плоскостью и гранью (001) теперь мѣрою асимметріи служитъ разность между прямымъ угломъ и угломъ между (021 $\bar{1}$) и (0011), то есть всего 1°28'.

15. Атакамитъ.

Діаграмма формъ этого минерала не позволяетъ съ перваго взгляда рѣшить вопросъ о типѣ, и заставляетъ колебаться между обоими типами.

Если допустить гипогексагональный типъ, то уравненіями преобразования будутъ

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_3 : p_1 + p_2 : 2p_1 : p_1 - p_2$$

Тогда составитъ табличка

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>C</i>	2121	101	<i>D</i>
—	010 $\bar{1}$	010	<i>H</i>	\mathfrak{H}	2341	211	<i>C</i>
—	0110	110	<i>D</i>	<i>Aa</i>	310 $\bar{1}$	023	<i>Aa</i>
<i>D</i>	0121	100	<i>H</i>	—	1330	331	<i>Ab</i>
—	021 $\bar{1}$	130	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	052 $\bar{3}$	140	<i>Aa</i> ²
—	110 $\bar{1}$	021	<i>A</i>	—	230 $\bar{3}$	031	<i>Aa</i>
—	1110	111	<i>O</i>	<i>Aa</i> ²	054 $\bar{1}$	230	<i>Aa</i>
<i>O</i>	1121	201	<i>A</i>	<i>A\gamma A</i>	2561	321	\mathfrak{H}
<i>A</i>	210 $\bar{1}$	011	<i>D</i>	<i>Aa</i> ² α ²	950 $\bar{5}$	0.10.9	<i>Aa</i> ⁷ α
—	032 $\bar{1}$	120	<i>A</i>	<i>A\alpha a</i> ³	2990	992	<i>A\alpha a</i> ² <i>b</i>
—	1220	221	<i>B</i>	<i>Aa\gamma Aa</i> ²	4.13.14.1	762	<i>CAb</i>
<i>B</i>	232 $\bar{1}$	121	<i>C</i>	<i>Aa</i> ⁸	0.11.10. $\bar{1}$	560	<i>Aa</i> ³ α

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (3) <i>D</i> (4) <i>O</i>	<i>A</i> (3) <i>B</i> <i>C</i> \mathfrak{H}	<i>Aa</i> (2) <i>A\alpha</i> (2)	<i>Aa</i> ² <i>A\gamma A</i>	<i>Aa</i> ² α ² <i>A\alpha a</i> ³	<i>Aa\gamma Aa</i> ² <i>Aa</i> ⁸	
	8	6	4	2	2	2	24
старой	<i>H</i> (3) <i>D</i> (3) <i>O</i>	<i>A</i> (3) <i>B</i> <i>C</i> (2) \mathfrak{H}	<i>Aa</i> (2) <i>A\alpha</i> (2) <i>Ab</i>	<i>Aa</i> ² <i>CAb</i>	<i>Aa</i> ³ α <i>A\alpha a</i> ² <i>b</i>	<i>Aa</i> ⁷ α	
	7	7	5	2	2	1	24

Меньшее число формъ I періода при старой установкѣ есть только кажущееся, такъ какъ этотъ періодъ является насыщеннымъ имѣющимися формами. Напротивъ того, I періодъ новой установки является ненасыщеннымъ, такъ какъ формъ *O* при гипогексагональной установкѣ не одна, а двѣ.

Итакъ, результатъ сопоставленія въ пользу старой, кубической, установки.

Съ этимъ результатомъ вполне гармонируютъ и свойства кристалловъ, являющихся, благодаря весьма совершенной спайности по (010) рѣзко положительными, каковыми именно они и оказываются при старой установкѣ. При новой же они мало отклонились бы отъ изотропности (нейтральности).

16. Лауріонитъ.

Установку этого ромбического минерала кубического типа слѣдуетъ признать правильной.

V-й КЛАССЪ.

Соли азотной, угольной и аналогичныхъ кислотъ.

Къ этому классу относятся слѣдующіе минералы кубической сингоніи: *баритовая селитра*, *биксбитъ*.

1. Калистая селитра.

Изъ діаграммы ясно усматривается гипогексагональный типъ:

Принявъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_3 : p_1 + p_2 : 2p_1 : p_1 - p_2$$

составимъ табличку:

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>D</i>	110 $\bar{1}$	011	<i>D</i>
—	010 $\bar{1}$	010	<i>H</i>	<i>A</i>	1220	111	<i>O</i>
<i>D</i>	0121	100	<i>H</i>	—	120 $\bar{2}$	021	<i>A</i>
—	0110	110	<i>D</i>	—	210 $\bar{1}$	012	<i>A</i>

Мы видимъ отсюда, что различіе весьма ничтожно, и проявляется только въ пользу старой, кубической, установки. Съ другой стороны уголъ между (010) и (110) 59°25 то есть весьма близокъ къ 60°. Въ такихъ сомнительныхъ случаяхъ нельзя пренебрегать такими указаніями, и потому, ожидая окончательнаго разъясненія вопроса отъ будущихъ изслѣдованій, пока мы все-таки находимъ предпочтительнѣе разсматривать этотъ минералъ какъ гипогексагональный.

2. Натровая селитра.

Кубическій типъ выраженъ весьма отчетливо въ образованіи ромбоэдровъ и весьма совершенной спайности по гранямъ этой формы. Вообще констатирована такая близость геометрическихъ (и физическихъ) свойствъ со свойствами кальцита, что оба эти минерала очевидно должны имѣть одинаковую установку.

3. Лаутаритъ.

Несмотря на рѣзко выраженную моноклинную сингонію, комплексъ весьма аналогиченъ комплексу калистой селитры и можетъ быть преобразованъ по той же формулѣ перевода въ гипогексагональную установку. Сдѣлавъ это, найдемъ:

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>O</i>	1121	101	<i>D</i>
—	010 $\bar{1}$	010	<i>H</i>	—	$\bar{1}\bar{1}2\bar{1}$	101	<i>D</i>
—	0110	110	<i>D</i>	<i>A</i>	032 $\bar{1}$	120	<i>A</i>
<i>D</i>	110 $\bar{1}$	011	<i>D</i>				

И здѣсь уголъ между (010 $\bar{1}$) и (0110) 58°43', то есть весьма близокъ къ 60°, хотя и не въ такой мѣрѣ какъ въ калистой селитрѣ. По этой причинѣ выводъ, сдѣланный для послѣдней, переносимъ и сюда.

4. Гергардитъ.

Прежняя установка этого кристалла кубическаго типа должна считаться правильною.

5. Кальцитъ. 6. Доломитъ. 7. Магнезитъ. 8. Смитсонитъ. 9. Родохрозитъ. 10. Сидеритъ.

Въ этихъ гексагональныхъ минералахъ кубическій типъ выраженъ съ особенною отчетливостью.

Результаты сопоставленія перечисленія по формулѣ

$$p_1 : p_2 : p_3 = -q_1 + q_4 : q_1 + q_2 + q_3 : -q_2 + q_4$$

приведены въ «Курсѣ кристаллографіи» стр. 197 и сл.

11. Арагонитъ. 12. Церусситъ.

Изъ относящихся къ этой группѣ минераловъ въ развитіи формъ, несмотря на чрезвычайную близость комплексовъ, проявляется нѣкоторое различіе. Въ виду этого различія мы рассмотримъ сначала вмѣстѣ эти два минерала, а затѣмъ перейдемъ къ другимъ.

Для этихъ минераловъ примѣнимъ формулу преобразованія:

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_3 : p_1 + p_2 : 2p_1 : p_1 - p_2$$

По этой формулѣ составляется таблица

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	+	+	<i>O</i>	121 $\bar{1}$	131	<i>A</i> γ	—	+
—	010 $\bar{1}$	010	<i>H</i>	+	+	<i>A</i>	210 $\bar{1}$	011	<i>D</i>	+	+
<i>D</i>	0121	100	<i>H</i>	+	+	—	120 $\bar{2}$	041	<i>Aa</i> ²	+	+
—	0110	110	<i>D</i>	+	+	—	2110	112	<i>C</i>	+	+
—	110 $\bar{1}$	021	<i>A</i>	+	+	—	032 $\bar{1}$	120	<i>A</i>	—	+
—	1110	111	<i>O</i>	+	+	—	1220	221	<i>B</i>	—	+
—	021 $\bar{1}$	130	<i>Aa</i>	—	+	<i>B</i>	232 $\bar{1}$	121	<i>C</i>	+	+
<i>O</i>	1121	201	<i>A</i>	+	+	<i>C</i>	2121	101	<i>D</i>	+	+

	$O(3)$	$C(5)$	Ab	$Aac(2)$	$Aa\alpha^2$	$A\alpha\alpha^3(2)$	$Aa^2\alpha\alpha^2$	$Aa^4\alpha\alpha$		$Aa^8\gamma$		
		$\mathfrak{U}(4)$	$A\gamma(2)$	$Aa\gamma(3)$	$Aa\gamma A$	$A\alpha\alpha\alpha^2$	$Aa^2\gamma Aa$	$Aa^2\alpha^2\gamma A$		$Aa^7\gamma A$		
			BA	$A\alpha\alpha(2)$	$Aa\gamma B$			$A\alpha\alpha^5(2)$		$Aa^{10}(2)$		
			$CA(3)$	$A\alpha\gamma$	$A\alpha\alpha^2(3)$					$Aa^6\gamma Aa\gamma$		
			CB	$A\gamma B$	$A\alpha^2\gamma$					$Aa^{12}(2)$		
			$\mathfrak{U}\alpha$	$CA\gamma$						Aa^{22}		
			$\mathfrak{U}c$	$CB\alpha$						$Aa^{20}\gamma A$		
				$\mathfrak{U}\alpha^2$						$Aa^{20}\gamma B$		
	16	19	20	21	9	8	7	7	3	12		
старой	$H(6)$	$A(9)$	$Aa(6)$	$Aa^2(3)$	$Aa^2\gamma$	$Aa^3(3)$	$Aa^4(3)$	$A\alpha\alpha\alpha^2$	$Aa^5(2)$	$Aa^6(3)$	$Aa^7(2)$	Aa^8
	$D(6)$	$B(3)$	$A\alpha(4)$	$Aa\alpha$	$Aa\alpha\beta$		Aa^3b	$A\alpha\alpha c B$	$Aa^4\alpha$	$Aa^5\alpha$	Aa^6b	$Aa^7\gamma$
	$O(2)$	$C(5)$	$Ab(3)$	$Aab(3)$	$Aa\gamma B$		$Aa^3\gamma$		Aa^4b	Aa^5b		$Aa^5\gamma A\alpha$
		$\mathfrak{U}(2)$	$A\beta(2)$	$Aa\gamma$			$Aa\alpha B$			$A\alpha\alpha^5$		Aa^{10}
			Ac	$A\alpha\alpha$			$Aa\gamma A$			$A\alpha\alpha^4b$		Aa^{11}
			$A\gamma(3)$	$A\alpha^2(2)$			$CA\gamma A$					$Aa^{12}(2)$
			BA	$A\gamma A(2)$								$Aa^{11}b(2)$
			B^2	$A\gamma C$								Aa^{14}
			BC	$BA\gamma$								Aa^{18}
			CA	CAa								$Aa^{19}\gamma Ac$
			CB	$CB\alpha$								Aa^{22}
			$C^2(3)$									$Aa^{21}b$
			$\mathfrak{U}\gamma$									
	14	19	28	17	3	3	8	2	4	7	3	14

Какъ видимъ, результатъ этого подсчета весьма неопредѣленъ. И въ данномъ случаѣ опять наибольшее значеніе принадлежитъ абсолютной величинѣ угла между $(010\bar{1})$ и (0110) ; въ арагонитѣ онъ равенъ $58^\circ 6'$; въ перусситѣ $58^\circ 37'$.

13. Витерить.

Въ противоположность предыдущимъ здѣсь мы имѣемъ весьма отчетливый результатъ подсчета, если примѣнимъ формулу преобразованія:

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_3 : p_1 + p_2 : 2p_1 : p_1 - p_2.$$

Въ виду того, что для всѣхъ граней пояса (100) мы получимъ одинаковые зональные символы для обѣихъ установокъ, мы сократимъ сопоставленія, нисколько не теряя въ точности, если пропустимъ грани этого пояса.

Тогда составимъ сокращенную табличку

H	0110	110	D	Aa	1330	332	$A\beta$
D	021 $\bar{1}$	130	Aa	Aa^2	1440	221	B
A	1220	111	O	—	4110	118	$Aa^5\gamma$
—	2110	114	$Aa\gamma$	—	410 $\bar{1}$	014	Aa^2

Результатъ, какъ видимъ, весьма отчетливъ.

14. Стронціанитъ.

Несмотря на чрезвычайную близость этого минерала къ предыдущему, результатъ отчетливый получается только при примѣненіи той же формулы, что для арагонита.

Изъ этой формулы усматриваемъ, что для пояса, въ которомъ $p_1 = p_2$ зональные символы при обѣихъ установкахъ будутъ одного и того же періода. Поэтому, ради сокращенія, мы пропустимъ грани этого пояса, и получимъ

H	1000	001	H	$A\alpha$	230 $\bar{3}$	031	Aa
—	010 $\bar{1}$	010	H	Aa^2	410 $\bar{1}$	012	A
D	110 $\bar{1}$	021	A	—	140 $\bar{4}$	081	Aa^6
A	210 $\bar{1}$	011	D	$Aa\alpha$	430 $\bar{3}$	032	$A\alpha$
—	120 $\bar{2}$	041	Aa^2	$Aa\gamma$	412 $\bar{1}$	102	A
Aa	310 $\bar{1}$	023	$A\alpha$	Aa^4	160 $\bar{6}$	0.12.1	Aa^{10}
—	130 $\bar{3}$	061	Aa^4				

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	$H(2)$ D	$A(2)$	$Aa(2)$ $A\alpha$	$Aa^2(2)$ $Aa\alpha$ $Aa\gamma$	Aa^4		
	3	2	3	4	1		13
старой	$H(2)$ D	$A(3)$	Aa $A\alpha(2)$	Aa^2	Aa^4	Aa^6	Aa^{10}
	3	3	3	1	1	1	1 13

Мы видимъ, какъ, благодаря новой установкѣ, понизились періоды нѣсколькихъ граней.

Сопоставляя результаты, относящіеся къ минераламъ этой группы, видимъ, что вите-ритъ отдѣляется отъ остальныхъ и получаетъ правильную установку при вдвое меньшей величинѣ главной оси сравнительно съ другими членами этой группы. Приведенная установка четырехъ предыдущихъ минераловъ еще оставляетъ сомнѣнія.

15. Баритональцитъ.

Пробными установками для этого минерала являются двѣ: одна, кубическая, при которой комплексъ является близкимъ къ кальциту, и другая, гипогексагональная, при которой комплексъ является близкимъ къ вите-риту.

Первая достигается преобразованиемъ по формулѣ

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + 2p_3 : 2p_3 : -p_1.$$

Вторая достигается преобразованиемъ ко формулѣ

$$p_1' : p_2' : p_3' = p_1 - 2p_2 + 2p_3 : p_1 + 2p_2 + 2p_3 : -2p_1.$$

Соотвѣтственно этому составимъ табличку:

<i>H</i>	001	0110	<i>H</i>	110	<i>D</i>	<i>A</i>	$\bar{2}01$	0011	<i>H</i>	001	<i>H</i>
<i>D</i>	110	110 $\bar{1}$	<i>D</i>	$\bar{1}3\bar{2}$	\mathfrak{A}	—	021	1110	<i>D</i>	$\bar{1}30$	<i>Aa</i>
—	$\bar{1}01$	0121	<i>D</i>	112	<i>C</i>	<i>Aa</i>	130	310 $\bar{1}$	<i>Aa</i>	$\bar{5}7\bar{2}$	<i>AcB</i>
—	011	1220	<i>A</i>	010	<i>H</i>	<i>Aaa</i>	250	520 $\bar{2}$	<i>Aaa</i>	$\bar{2}3\bar{1}$	\mathfrak{A}

Первые символы относятся къ прежней установкѣ, вторые къ гипогексагональной, третьи къ кубической.

Отсюда сопоставленіе установокъ:

прежней	<i>H</i>	<i>A</i> (2)	<i>Aa</i>	гипогек-	<i>H</i> (2)	<i>A</i>	<i>Aa</i>	куби-	<i>H</i> (2)	<i>C</i>	<i>Aa</i>
	<i>D</i> (3)		<i>Aaa</i>	сагон.	<i>D</i> (3)		<i>Aaa</i>	ческой	<i>D</i>	\mathfrak{A} (2)	<i>AcB</i>
	4	2	2		5	1	2		3	3	2

Мы видимъ отсюда, что гипогексагональная установка лучшая, а новая кубическая худшая. Тѣмъ не менѣе она имѣетъ специальный интересъ, сближая формы баритокальцита и кальцита. Теперь ясно видимъ, что близость эта есть выраженіе гетероморфизма, и что ближе всего комплексъ баритокальцита подходитъ къ комплексу витерита.

При новой установкѣ уголъ между (010 $\bar{1}$) и (0110) 61°0'; кромѣ того сильно понижается величина асимметріи; вмѣсто угла 29°0 между горизонтальною плоскостью и гранью (001) теперь мѣрою асимметріи является разность между прямымъ угломъ и угломъ между (0110) и (0 $\bar{1}$ 12), то есть всего около 8°.

16. Малахитъ.

Прежняя, кубическая, установка не безъ основанія можетъ быть замѣнена другою. Преобразование по формулѣ

$$q_1 : q_2 : q_3 = 2p_1 : 2p_2 : p_3$$

составляемъ табличку:

<i>H</i>	100	100	<i>H</i>	<i>B</i>	$\bar{2}21$	$\bar{1}11$	<i>O</i>
—	010	010	<i>H</i>	—	$\bar{1}22$	$\bar{1}24$	<i>CA</i>
—	001	001	<i>H</i>	\mathfrak{A}	$\bar{1}32$	$\bar{1}34$	<i>CB</i>
<i>D</i>	110	110	<i>D</i>	<i>Aa</i>	$\bar{2}03$	$\bar{1}03$	<i>Aa</i>
—	$\bar{1}01$	$\bar{1}02$	<i>A</i>	<i>C</i> ²	$\bar{2}43$	$\bar{1}23$	\mathfrak{A}
<i>O</i>	$\bar{1}11$	$\bar{1}12$	<i>C</i>	$\mathfrak{A}c$	$\bar{6}43$	$\bar{3}23$	<i>A\beta</i>
<i>A</i>	201	101	<i>D</i>	<i>Aaa</i>	043	023	<i>Aa</i>
—	102	104	<i>Aa</i> ²	<i>Aab</i>	$\bar{4}41$	$\bar{2}21$	<i>B</i>
—	$\bar{2}01$	$\bar{1}01$	<i>D</i>	<i>Aa</i> ² α	054	058	<i>Aa</i> ³
—	$\bar{1}02$	$\bar{1}04$	<i>Aa</i> ²				

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	$H(3)$	$A(4)$	$A\alpha$	$Aa\alpha$	$Aa^7\alpha$	старой	$H(3)$	A	$A\alpha$	$Aa^2(2)$	Aa^3
	$D(2)$	$B(2)$	C^2	Aab			$D(3)$	$C(2)$	$A\alpha$		
	O	\mathfrak{A}	$\mathfrak{A}c$				O	\mathfrak{A}	$A\beta$		
									CA		
									CB		
	6	7	3	2	1		7	4	5	2	1

Примѣненіе новаго критерія даетъ:

старая установка	$\begin{cases} 0 \\ 3 \\ 3 \end{cases}$	$\begin{cases} + \\ 6 \\ 3 \end{cases}$	$\begin{cases} + \\ 7 \\ 1 \end{cases}$	$\begin{cases} - \\ 8 \\ 1 \end{cases}$	$\begin{cases} - \\ 9 \\ 1 \end{cases}$	$\begin{cases} - \\ 10 \\ 1 \end{cases}$	$\begin{cases} - \\ 11 \\ 1 \end{cases}$	$\begin{cases} - \\ 12 \\ 1 \end{cases}$	$\begin{cases} - \\ 13 \\ 1 \end{cases}$	$\begin{cases} + \\ 15 \\ 2 \end{cases}$	$\begin{cases} + \\ 16 \\ 1 \end{cases}$	$\begin{cases} + \\ 17 \\ 1 \end{cases}$	$\begin{cases} + \\ 17 \\ - \end{cases}$	$\begin{cases} + \\ 18 \\ 1 \end{cases}$	$\begin{cases} + \\ 18 \\ - \end{cases}$	$\begin{cases} + \\ 18 \\ - \end{cases}$	$\begin{cases} 0 \\ 18 \\ - \end{cases}$	$\begin{cases} - \\ 18 \\ - \end{cases}$	$\begin{cases} - \\ 19 \\ 1 \end{cases}$
Параметръ	1	2	3	5	6	9	10	13	14	17	21	22	25	26	29	33	41	61	88
новая установка	$\begin{cases} 3 \\ 3 \\ 0 \end{cases}$	$\begin{cases} 2 \\ 5 \\ - \end{cases}$	$\begin{cases} 1 \\ 6 \\ - \end{cases}$	$\begin{cases} 4 \\ 10 \\ + \end{cases}$	$\begin{cases} - \\ 10 \\ + \end{cases}$	$\begin{cases} 2 \\ 12 \\ + \end{cases}$	$\begin{cases} - \\ 12 \\ + \end{cases}$	$\begin{cases} 1 \\ 13 \\ + \end{cases}$	$\begin{cases} 1 \\ 14 \\ + \end{cases}$	$\begin{cases} - \\ 14 \\ - \end{cases}$	$\begin{cases} - \\ 14 \\ - \end{cases}$	$\begin{cases} - \\ 14 \\ - \end{cases}$	$\begin{cases} 1 \\ 15 \\ - \end{cases}$	$\begin{cases} - \\ 15 \\ - \end{cases}$	$\begin{cases} 1 \\ 16 \\ - \end{cases}$	$\begin{cases} 1 \\ 17 \\ - \end{cases}$	$\begin{cases} 1 \\ 18 \\ 0 \end{cases}$	$\begin{cases} 1 \\ 19 \\ + \end{cases}$	$\begin{cases} - \\ 19 \\ + \end{cases}$

Результаты весьма неотчетливы. Но при новой установкѣ малахитъ становится крайнимъ отрицательнымъ минераломъ кубическаго типа, и вотъ это то вполне соответствуетъ его физическимъ свойствамъ.

17. Азурить.

Прежняя, кубическая, установка должна считаться правильною.

18. Паризить.

Прежняя, гипогексагональная, установка должна считаться правильною.

19. Фосгенить.

Прежняя, кубическая, установка должна считаться правильною.

20. Термонатритъ.

Прежняя, кубическая, установка должна считаться правильною.

21. Натритъ.

Въ этомъ моноклинномъ минералѣ проявляется гипогексагональное развитіе формъ.

Принявъ за уравненія преобразования

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + p_3 : p_3 : -p_1$$

составимъ табличку:

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	<i>D</i>	110 $\bar{1}$	110	<i>D</i>
—	0110	001	<i>H</i>	—	1110	011	<i>D</i>
—	010 $\bar{1}$	100	<i>H</i>	<i>O</i>	1121	$\bar{1}$ 12	<i>C</i>
—	0011	$\bar{1}$ 01	<i>D</i>				

Преимущества новой установки отчетливы. При ней уголъ между (0011) и (0110) $57^{\circ}40'$, а величина ассиметріи понижается съ величины $31^{\circ}8'$ угла между горизонтальною плоскостью и гранью (001) до 3° , то есть угла между тою же плоскостью и гранью (0121).

22. Трона.

Прежняя, кубическая, установка этого моноклиннаго минерала должна считаться правильною.

23. Пирссонитъ.

Гипогексагональный типъ этого ромбическаго минерала выраженъ очень рѣзко. Принявъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_3 : p_1 + p_2 : 2p_1 : p_1 - p_2$$

составимъ табличку:

<i>H</i>	010 $\bar{1}$	010	<i>H</i>	<i>O</i>	121 $\bar{1}$	131	<i>A\gamma</i>
—	0110	110	<i>D</i>	<i>C</i>	1231	311	<i>A\gamma</i>
<i>D</i>	1110	111	<i>O</i>				

Преимущества новой установки бросаются въ глаза.

24. Ураноталлитъ.

Прежняя, кубическая, установка этого ромбическаго минерала должна считаться правильною.

25. Лансфордитъ.

Гипогексагональный типъ этого триклиннаго минерала выраженъ очень рѣзко. Принявъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_3 : p_1 + p_2 : 2p_1 : p_1 - p_2$$

составимъ табличку:

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>A</i>	0132	310	<i>Aa</i>
—	0101	010	<i>H</i>	—	2110	112	<i>C</i>
—	0110	110	<i>D</i>	<i>B</i>	2312	152	<i>AγA</i>
—	0011	110	<i>D</i>	—	2132	312	<i>И</i>
<i>D</i>	0121	100	<i>H</i>	—	2132	312	<i>И</i>
—	1101	021	<i>A</i>	<i>C</i>	2112	132	<i>И</i>
—	1101	021	<i>A</i>	—	2112	132	<i>И</i>
—	1110	111	<i>O</i>	<i>И</i>	2314	172	<i>Aa²γA</i>
—	1011	111	<i>O</i>	<i>Aa</i>	0314	170	<i>Aa⁵</i>
—	1011	111	<i>O</i>	<i>Aa²b</i>	1.5.5.10	5.15.1	<i>Иa³</i>
—	1110	111	<i>O</i>	<i>Aa⁶γB</i>	11.1.10.11	10.12.11	<i>Aa⁷γB</i>
<i>O</i>	1121	201	<i>A</i>				
—	1211	131	<i>Aγ</i>				

Отсюда сопоставленіе установокъ:

	новой	<i>H</i> (4)	<i>A</i> (2)	<i>Aa</i>	<i>Aa²b</i>	<i>Aa⁶γB</i>		
		<i>D</i> (7)	<i>B</i> (3)					
		<i>O</i> (2)	<i>C</i> (2)					
			<i>И</i>					
		13	8	1	1	1	24	
старой	<i>H</i> (3)	<i>A</i> (3)	<i>Aa</i>	<i>AγA</i>	<i>Aa³</i>	<i>Aa²γA</i>	<i>Aa⁵</i>	<i>Aa⁷γB</i>
	<i>D</i> (2)	<i>C</i>	<i>Aγ</i>					
	<i>O</i> (4)	<i>И</i> (4)						
	9	8	2	1	1	1	1	1 24

Разница столь рѣзка, какъ это бываетъ рѣдко.

26. Халькоменитъ.

Въ этомъ моноклинномъ минералѣ кубическій типъ выраженъ вполне отчетливо. Однако діаграмма показываетъ, что прежняя установка должна быть замѣнена иною.

Принявъ за уравненія преобразованія

$$p'_1 : p'_2 : p'_3 = p_1 - p_2 + p_3 : p_1 + p_2 + p_3 : -2p_1 + p_3$$

составимъ табличку:

<i>H</i>	010	132	<i>И</i>	<i>C</i>	112	100	<i>H</i>
<i>D</i>	011	110	<i>D</i>	—	112	104	<i>Aa²</i>
<i>O</i>	111	001	<i>H</i>	<i>Aa</i>	130	162	<i>AaγA</i>
—	111	201	<i>A</i>	<i>B²</i>	352	212	<i>B</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	H D $O(2)$	$C(2)$	Aa B^2		старой	$H(2)$ D	A B \mathfrak{A}	Aa^2	$Aa\gamma A$	
	4	2	2	8		3	3	1	1	8

Преимущества новой установки проявляются весьма рѣзко.

Въ этой установкѣ комплексъ приближается къ комплексу кристалловъ гексагональной и даже кубической сингоніи.

27. Браунитъ.

Хотя кубическій типъ развитія формъ этого тетрагонального минерала выраженъ и очень отчетливо, однако діаграмма указываетъ на необходимость иной установки.

Принявъ за уравненія преобразованія

$$p_1' : p_2' : p_3' = p_1 - p_2 : p_1 + p_2 : p_3$$

составимъ табличку:

H	010	110	CB	B^2	$\bar{2}54$	378	CBb
—	001	001	D	CA	$\bar{2}41$	131	$A\gamma$
D	$\bar{1}10$	010	H	C^2	$\bar{2}43$	133	Ab
—	011	112	H	Aa^2	041	221	B
O	$\bar{1}11$	011	C	$Aa\alpha$	034	338	$A\alpha^2\gamma$
B	$\bar{2}21$	021	D	$Aa\gamma C$	$\bar{4}65$	155	Aa^2b
—	$\bar{1}22$	134	A				

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	$H(2)$ $D(2)$ O	$B(2)$	B^2 CA C^2	Aa^2 $Aa\alpha$	$Aa\gamma C$	
	5	2	3	2	1	13
старой	$H(2)$ $D(2)$	A B C	Ab $A\gamma$ CB	CBb	Aa^2b $A\alpha^2\gamma$	
	4	3	3	1	2	13

Преимущества новой установки отчетливы¹⁾.

Въ этой установкѣ комплексъ становится псевдокубическимъ.

1) Эта новая установка уже была принята Гротомъ въ его «Tabellarische Uebersicht».

28. Гаусманнитъ.

Кромѣ принятой установки имѣется другая, которая можетъ быть принята за лучшую, а именно, для которой уравненія преобразованія

$$p_1' : p_2' : p_3' = p_1 - p_2 : p_1 + p_2 : 2p_3$$

Ясно, что для пояса, въ которомъ $p_1 = p_2$, мы и послѣ преобразованія получимъ зональные символы равноправнаго значенія. Поэтому мы можемъ сильно сократить сопоставленіе, пропустивъ формы этого пояса. Тогда получимъ для остающихся формъ:

<i>H</i>	001	001	<i>H</i>	<i>C</i>	$\bar{1}12$	011	<i>D</i>
—	010	110	<i>D</i>	\mathcal{H}	$\bar{1}23$	133	<i>Ab</i>
<i>O</i>	$\bar{1}11$	021	<i>A</i>	$A\beta C$	$\bar{3}58$	144	<i>Aab</i>

Это сопоставленіе съ перваго взгляда скорѣе свидѣтельствуетъ въ пользу новой установки. Однако, при ней появляются болѣе рѣдкія формы какъ \mathcal{H} и особенно $A\beta C$. Справившись съ статистикой формъ кубическихъ минераловъ¹⁾, мы найдемъ, что форма \mathcal{H} встрѣчена 17; а форма $A\beta C$ только одинъ разъ; форма *Ab* встрѣчена 11, а *Aab* 4 раза.

Поэтому, сопоставленіе формъ по періодамъ въ данномъ случаѣ не можетъ рѣшить вопроса объ установкѣ. Къ счастью этотъ вопросъ рѣшается двойниковымъ закономъ кристалловъ. По этому закону двойниковою плоскостью является грань (011) старой а слѣдовательно ($\bar{1}12$) новой установки.

Поэтому старая установка должна считаться правильною.

Примѣненіе новаго критерія приводитъ къ слѣдующей табличкѣ:

Новая установка	—	0	—	0	+	0	—	
	2	3	3	4	5	5	5	6
Параметръ	2	—	1	—	1	1	—	1
Старая установка	1	2	3	5	6	14	19	33
	1	2	—	1	—	—	1	1
	3	3	4	4	4	5	6	6
	+	0	+	0	—	0	+	

VI-й КЛАССЪ.

Соли сѣрной, хромовой и аналогичныхъ кислотъ.

Къ этому классу относятся слѣдующіе минералы кубической сингоніи: *лангбейнитъ*, *сульфоалитъ*, *калинитъ*, *чермилитъ*.

1) Тамъ же, стр. 42.

1. Глазеритъ.

Если принять за уравненія преобразованія

$$p_1 : p_2 : p_3 = q_1 + q_4 : q_1 + q_2 + q_3 : -q_2 + q_4$$

то составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	010	11 $\bar{2}$ 1	<i>O</i>	<i>B</i>	212	$\bar{1}\bar{1}$ 21	<i>O</i>
<i>D</i>	101	$\bar{1}\bar{1}$ 22	<i>C</i>	<i>C</i>	$\bar{1}$ 2 $\bar{1}$	11 $\bar{2}$ 0	<i>D</i>
—	$\bar{1}$ 10	10 $\bar{1}$ 0	<i>H</i>	—	121	11 $\bar{2}$ 4	<i>Aa</i> γ
<i>O</i>	111	0001	<i>H</i>	<i>Aa</i> γ	141	11 $\bar{2}$ 2	<i>C</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

НОВЫЙ	H	B	$Aa\gamma$	старой	$H(2)$	$C(2)$	$Aa\gamma$	
	$D(2)$	$C(2)$			D			
	O				$O(2)$			
	4	3	1	8	5	2	1	8

Итакъ, преимущество слѣдуетъ отдать старой, гипогексагональной, установкѣ¹⁾.

2. Арканитъ.

Если принять за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_3 : p_1 + p_2 : 2p_1 : p_1 - p_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>D</i>	110 $\bar{1}$	011	<i>D</i>
—	010 $\bar{1}$	010	<i>H</i>	—	1110	112	<i>C</i>
—	0110	110	<i>D</i>	<i>A</i>	120 $\bar{2}$	021	<i>A</i>
<i>D</i>	0121	100	<i>H</i>	—	1220	111	<i>O</i>
—	021 $\bar{1}$	130	<i>Aa</i>	<i>C</i>	2121	102	<i>A</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

НОВОЙ	$H(3)$	$A(2)$	старой	$H(3)$	$A(2)$	Aa
	$D(4)$	C		$D(2)$	C	
				O		
	<hr/>			<hr/>		
	7	3	10	6	3	1 10

Получается любопытный результатъ въ томъ отношеніи, что не только химическій составъ, но и кристаллическій комплексъ глазерита и арканита оказываются одинаковыми. Это, слѣдовательно, настоящіе физическіе полимеры²⁾, такъ какъ различіе ихъ сводится къ величинѣ симметріи.

1) При кубической установкѣ комплексъ пришлось бы признать псевдокубическимъ.

2) Нѣкоторые авторы, напр. Гольдшмидтъ, пови-

дному, отождествляютъ эти два минерала. Другіе во всякомъ случаѣ иного мнѣнія.

3. Масканьинъ.

Если принять за уравненія преобразования

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_3 : 3p_1 + p_2 : 2p_2 : -3p_1 + p_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>D</i>	021 $\bar{1}$	110	<i>D</i>
—	010 $\bar{1}$	100	<i>H</i>	<i>O</i>	1121	021	<i>A</i>
—	0110	130	<i>Aa</i>	—	121 $\bar{1}$	111	<i>O</i>
<i>D</i>	0121	010	<i>H</i>	<i>C</i>	2121	011	<i>D</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

НОВОЙ	$H(3)$	C	старой	$H(3)$	A	Aa
	$D(2)$			$D(2)$		
	$O(2)$			O		
	<hr/>			<hr/>		
	7	1 8		6	1	1 8

4. Тенардитъ.

Если принять за уравненія преобразования

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_3 : p_1 + p_2 : 2p_1 : p_1 - p_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>O</i>	1121	101	<i>D</i>
—	010 $\bar{1}$	010	<i>H</i>	<i>A</i>	1220	111	<i>O</i>
—	0110	110	<i>D</i>	<i>B</i>	142 $\bar{2}$	131	<i>A\gamma</i>
<i>D</i>	021 $\bar{1}$	130	<i>Aa</i>	<i>A\alpha</i>	3220	113	<i>A\gamma</i>
—	110 $\bar{1}$	011	<i>D</i>	<i>Aa^3\gamma</i>	6121	106	<i>Aa^4</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

НОВОЙ	$H(3)$	A	$A\alpha$	$Aa^3\gamma$	старой	$H(2)$	Aa	Aa^4		
	$D(2)$	B				$D(3)$	$A\gamma(2)$			
	O					O				
	6	2	1	1	10	6	0	3	1	10

5. Глауберитъ.

Если примемъ за уравненія преобразования

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + p_3 : p_3 : -p_1$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	<i>D</i>	0 $\bar{1}$ 12	201	<i>A</i>
—	0110	001	<i>H</i>	—	1011	111	<i>O</i>
—	010 $\bar{1}$	100	<i>H</i>	<i>O</i>	121 $\bar{1}$	111	<i>O</i>
<i>D</i>	110 $\bar{1}$	110	<i>D</i>	—	1121	112	<i>C</i>

<i>A</i>	2110	021	<i>A</i>	<i>Aα</i>	2330	023	<i>Aα</i>
—	0 $\bar{1}$ 23	$\bar{3}$ 02	<i>Aα</i>	<i>Aγ</i>	143 $\bar{1}$	113	<i>Aγ</i>
<i>C</i>	132 $\bar{1}$	112	<i>C</i>	<i>Aac</i>	374 $\bar{3}$	334	<i>Aac</i>
—	1231	$\bar{1}$ 13	<i>Aγ</i>	<i>Aa³c</i>	495 $\bar{4}$	445	<i>Aa³c</i>
—	1 $\bar{2}$ 13	$\bar{3}$ 11	<i>Aγ</i>	<i>Aa³b</i>	671 $\bar{6}$	661	<i>Aa³b</i>
\mathfrak{A}	3 $\bar{2}$ 13	$\bar{3}$ 31	<i>Ab</i>				

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (3)	<i>A</i> (2)	<i>Aα</i>	<i>Aac</i>	<i>Aa²c</i>	<i>Aa³b</i>	
	<i>D</i> (3)	<i>C</i> (3)	<i>Aγ</i>				
	<i>O</i> (2)	\mathfrak{A}					
	8	6	2	1	1	1	19
старой	<i>H</i> (3)	<i>A</i> (2)	<i>Aα</i> (2)	<i>Aac</i>	<i>Aa²c</i>	<i>Aa³c</i>	
	<i>D</i>	<i>C</i> (2)	<i>Ab</i>				
	<i>O</i> (2)		<i>Aγ</i> (3)				
	6	4	6	1	1	1	19

Итакъ, гипогексагональный типъ развитія формъ выражается очень рѣзко. Важное преимущество этой установки то, что этотъ рѣзко моноклинный минералъ становится псевдоромбическимъ ¹⁾).

6. Ангидритъ. 7. Баритъ. 8. Целестинъ. 9. Англезитъ.

Во всѣхъ этихъ ромбическихъ минералахъ развитіе по кубическому типу выражено вполне ясно; прежняя установка должна считаться правильною.

10. Крокоитъ.

То же относится и къ этому моноклинному минералу.

11. Поуэллитъ. 12. Вульфенитъ. 13. Шеелитъ. 14. Штольцитъ.

Во всѣхъ этихъ весьма близкихъ другъ къ другу тетрагональныхъ минералахъ прежняя установка должна считаться правильною.

15. Вольфрамитъ.

Въ этомъ моноклинномъ псевдоромбическомъ и даже псевдотетрагональномъ минералѣ прежняя установка должна считаться правильною.

1) Въмѣсто угла 22°11, представляющаго мѣру ассиметріи, то есть уголъ между горизонтальною плоскостью и гранью (001) при старой установкѣ, теперь мѣрою ассиметріи является уголъ, составляющій разность

между прямымъ угломъ и угломъ между (010 $\bar{1}$) и (0121), то есть всего 2°41'. При новой установкѣ уголъ между (010 $\bar{1}$) и (0011) 63°21.

16. Алунитъ.

Несмотря на то, что главный ромбоэдръ этого гексагональнаго минерала очень близокъ къ кубу и что, согласно этому, представлялась бы возможность разсматривать этотъ минералъ какъ псевдокубическій, большинство остальныхъ формъ отличается столь сложными символами, что закрадывается сомнѣніе въ точности ихъ опредѣленія. Замѣчательно, что одна форма, наблюдавшаяся въ минералѣ изъ различныхъ мѣсторожденій, отмѣчается символомъ (1.1.2.64).

Хотя по совокупности имѣющихся формъ этотъ минералъ было бы проще разсматривать какъ принадлежащій гипогексагональному типу, но упомянутыя сомнѣнія заставляютъ пока вовсе отказаться отъ опредѣленія правильной установки.

17. Линаритъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія этого моноклиннаго минерала

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + p_3 : p_3 : -p_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	<i>A</i>	1022	$\bar{2}12$	<i>B</i>
—	0110	001	<i>H</i>	<i>C</i>	221 $\bar{1}$	121	<i>C</i>
—	010 $\bar{1}$	100	<i>H</i>	<i>Aa</i>	073 $\bar{4}$	403	<i>Aa</i>
—	0011	$\bar{1}01$	<i>D</i>	<i>Aa</i> ³	0561	$\bar{1}06$	<i>Aa</i> ⁴
<i>D</i>	110 $\bar{1}$	110	<i>D</i>	—	0 $\bar{5}16$	$\bar{6}01$	<i>Aa</i> ⁴
—	021 $\bar{1}$	101	<i>D</i>	<i>Aaaa</i>	0.12.5. $\bar{7}$	705	<i>Aaaa</i>
—	1110	011	<i>D</i>	<i>Aa</i> ⁴	071 $\bar{6}$	601	<i>Aa</i> ⁴
—	1011	$\bar{1}11$	<i>O</i>	<i>Aa</i> ⁵	0187	$\bar{7}08$	<i>Aa</i> ⁵ α
<i>O</i>	121 $\bar{1}$	111	<i>O</i>	<i>Aa</i> ⁴ γ	187 $\bar{1}$	117	<i>Aa</i> ⁴ γ
—	1121	$\bar{1}12$	<i>C</i>	<i>Aa</i> ² $\gamma B\alpha$	1.22.14.8	8.1.14	<i>Aa</i> ² $\gamma B\alpha$
<i>A</i>	120 $\bar{2}$	210	<i>A</i>	<i>Aa</i> ⁷	1.9.9.0	0.1.9	<i>Aa</i> ⁷
—	2110	021	<i>A</i>	<i>Aa</i> ⁷ γ	1.11.10. $\bar{1}$	1.1.10	<i>Aa</i> ⁷ γ
—	032 $\bar{1}$	102	<i>A</i>	<i>Aa</i> ¹¹	1.13.13.0	0.1.13	<i>Aa</i> ¹¹
—	0231	$\bar{1}03$	<i>Aa</i>	<i>Aa</i> ¹⁷ α	0.39.20. $\bar{1}9$	19.0.20	<i>Aa</i> ¹⁷ α
—	0 $\bar{1}12$	$\bar{2}01$	<i>A</i>				

Отсюда сопоставленіе установокъ:

НОВОЙ	<i>H</i> (4)	<i>A</i> (6)	<i>Aa</i>	<i>Aa</i> ³ (2)	<i>Aa</i> ⁴	<i>Aa</i> ⁵	<i>Aa</i> ⁷	<i>Aa</i> ⁷ γ	<i>Aa</i> ¹¹	
	<i>D</i> (4)	<i>C</i>		<i>Aaaa</i>		<i>Aa</i> ⁴ γ			<i>Aa</i> ¹⁷ α	
	<i>O</i> (2)					<i>Aa</i> ² $\gamma B\alpha$				
	10	7 0	1	3	1	3	1	1	2	29

старой	$H(3)$	$A(4)$	Aa	$Aa\alpha$	$A\alpha\alpha\alpha$	$Aa^4(3)$	$Aa^4\gamma$	$Aa^5\alpha$	Aa^7	$Aa^7\gamma$	Aa^{11}
	$D(4)$	B					$Aa^3\gamma B\alpha$				$Aa^{17}\alpha$
	$O(2)$	$C(2)$									
	9	7	1	1	1	3	2	1	1	1	2 29

Едва ли меньшее значеніе, чѣмъ общее, весьма незначительное пониженіе періодовъ формъ, имѣетъ то обстоятельство, что при этой установкѣ этотъ рѣзко моноклинный минералъ становится псевдоромбическимъ, какъ это прямо усматривается изъ діаграммы¹⁾.

18. Брошантитъ.

Прежняя, кубическая, установка этого ромбического минерала должна считаться правильной.

19. Ланаркитъ.

Кристаллизація этого минерала извѣстна весьма несовершенно, а потому не представляется возможнымъ дать окончательную правильную установку. Замѣчательно присутствіе формъ, выражающихся сложными символами, но приближающихся къ весьма простымъ, а именно $(\bar{1}\bar{1}.0.4)$ весьма близка къ $(\bar{3}01)$, а $(\bar{1}.10.5)$ къ (021) , и могутъ разсматриваться какъ вицинальныя къ этимъ важнымъ формамъ комплекса. Сдѣлавъ эту замѣтку и принявъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : 3p_1 + 3p_3 : 3p_3$$

составимъ табличку:

H	0110	001	H	O	121 $\bar{1}$	131	$A\gamma$
—	0101	100	H	A	0 $\bar{2}$ 13	$\bar{3}01$	Aa
D	0121	$\bar{1}02$	A	$A\alpha$	2.330	021	A

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	$H(2)$	A	$A\alpha$	старой	$H(2)$	$A(2)$	Aa
	D						$A\gamma$
	O						
	4	1	1 6		2	2	2 6

Разница столь рѣзка, какъ повидимому тому еще не было примѣра. Другими словами, мы имѣемъ здѣсь примѣръ въ высшей степени рѣзко проявляющагося гипогексагональнаго типа развитія формъ.

1) Въмѣсто угла $15^\circ 11'$, составляющаго мѣру ассиметріи при старой установкѣ (то есть уголъ между горизонтальною плоскостью и гранью 001), при новой этою мѣрою служитъ разность между прямымъ угломъ и угломъ между $(010\bar{1})$ и (0121) , то есть всего $1^\circ 21'$. При новой установкѣ уголъ между $(010\bar{1})$ и (0110) $74^\circ 49'$.

И здѣсь снова комплексъ изъ рѣзко моноклиннаго при новой установкѣ становится псевдоромбическимъ, какъ это и прямо усматривается изъ діаграммы. При прежней установкѣ уголъ между горизонтальною плоскоттью и гранью (001) $29^{\circ}33'$; при новой разность между прямымъ угломъ и угломъ между (010 $\bar{1}$) и (0121) $1^{\circ}48'$. Уголъ между (010 $\bar{1}$) и (0110) $60^{\circ}37'$.

20. Дитцентъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_1 : p_2 + 2p_3 : 2p_2 : p_2 - 2p_3$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	100	<i>H</i>	<i>O</i>	121 $\bar{1}$	223	<i>Ac</i>
—	010 $\bar{1}$	001	<i>H</i>	<i>C</i>	2121	110	<i>D</i>
<i>D</i>	0121	010	<i>H</i>	<i>Aa\gamma</i>	4121	210	<i>A</i>
—	$\bar{1}10\bar{1}$	$\bar{1}01$	<i>D</i>				
—	$\bar{1}110$	$\bar{2}21$	<i>B</i>				

Отсюда сопоставленіе установокъ:

НОВОЙ	$H(2)$	C	—	$Aa\gamma$	старой	$H(3)$	A	Ac	
	$D(3)$					$D(2)$	B		
	O								
	<hr/>					<hr/>			
	6	1	0	1	8	5	2	1	8

Результатъ довольно неопредѣленный. Можно однако отдать преимущество новой установкѣ по той причинѣ, что именно при ней уголъ между (010 $\bar{1}$) и (0110) приближается къ 60° , какъ это вообще имѣетъ мѣсто для кристалловъ гипогексагональнаго типа. Величина ассиметріи сильно понижается. Въмѣсто угла $16^{\circ}32'$ между горизонтальною плоскостью и гранью (001), при новой установкѣ уголъ, составляющій разность между прямымъ и угломъ между (010 $\bar{1}$) и (0121) ок. 4° .

21. Ханкситъ.

Прежнюю, гипогексагональную, установку этого гексагональнаго минерала нужно признать правильною. Было уже замѣчено¹⁾, что при этой установкѣ комплексъ минерала является псевдоизотроннымъ.

22. Леадгиллитъ.

Прежнюю, кубическую, установку этого моноклиннаго, но псевдоромбическаго минерала слѣдуетъ признать правильною.

1) Тамъ же, стр. 101.
Зап. Физ.-Мат. Отд.

23. Каледонитъ.

Прежнюю, кубическую, установку этого ромбического минерала слѣдуетъ считать правильною.

24. Мирабилитъ.

Прежнюю, кубическую, установку этого моноклинного минерала слѣдуетъ считать правильною.

25. Гипсъ.

Уже было показано¹⁾, что гипогексагональная установка этого моноклинного минерала лучше согласуется съ наблюдавшимися комбинаціями, а именно, если принять за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + p_3 : 2p_3 : -p_1 + p_3$$

составимъ слѣдующую таблицку:

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	<i>Aa</i>	130 $\bar{3}$	310	<i>Aa</i>
—	010 $\bar{1}$	100	<i>H</i>	—	310 $\bar{1}$	130	<i>Aa</i>
—	0110	101	<i>D</i>	<i>A\alpha</i>	230 $\bar{3}$	320	<i>A\alpha</i>
—	0011	$\bar{1}$ 01	<i>D</i>	—	320 $\bar{2}$	230	<i>A\alpha</i>
<i>D</i>	0121	001	<i>H</i>	—	3220	131	<i>A\gamma</i>
—	110 $\bar{1}$	110	<i>D</i>	—	3022	$\bar{1}$ 31	<i>A\gamma</i>
—	1011	$\bar{1}$ 21	<i>C</i>	<i>A\beta</i>	2363	023	<i>A\alpha</i>
<i>O</i>	1121	011	<i>D</i>	<i>CA</i>	1264	$\bar{1}$ 13	<i>A\gamma</i>
<i>A</i>	120 $\bar{2}$	210	<i>A</i>	<i>C^2</i>	3264	$\bar{1}$ 33	<i>Ab</i>
—	210 $\bar{1}$	120	<i>A</i>	$\mathfrak{A}\gamma$	3286	$\bar{2}$ 34	<i>C^2</i>
—	0231	103	<i>Aa</i>	<i>Aa^2</i>	410 $\bar{1}$	140	<i>Aa^2</i>
—	0132	$\bar{1}$ 03	<i>Aa</i>	<i>A\alpha a</i>	520 $\bar{2}$	250	<i>A\alpha a</i>
—	1220	111	<i>O</i>	<i>A\alpha^2</i>	530 $\bar{3}$	350	<i>A\alpha^2</i>
—	1022	$\bar{1}$ 11	<i>O</i>	<i>A\alpha a^2</i>	0297	$\bar{5}$ 09	<i>Aa^2\alpha^2</i>
<i>C</i>	1231	123	\mathfrak{A}	<i>A\gamma Bb</i>	9.14.10. $\bar{4}$	995	<i>Aa^2\alpha\beta</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

НОВОЙ	$H(4)$	$A(6)$	$Aa(2)$	Aa^2	$A\alpha a^2$
	$D(3)$	C	$A\alpha(4)$	$A\alpha a$	$A\gamma Bb$
	O		$A\beta$	$A\alpha^2$	
			CA		
			C^2		
			$\mathfrak{A}\gamma$		
	8	7	10	3	2
					30

1) Тамъ же, стр. 140.

старой	$H(3)$	$A(2)$	$Aa(4)$	Aa^2	$Aa^2\alpha^2$
	$D(4)$	C	$A\alpha(3)$	$A\alpha a$	$Aa^2\alpha\beta$
	$O(2)$	\mathfrak{U}	Ab	$A\alpha^2$	
			$A\gamma(3)$		
			C^2		
	9	4	12	3	2 30

При новой установкѣ уголъ между (0110) и (0011) $61^\circ 35'$.

26. Кизеритъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_2 : p_1 + p_3 : 2p_1 : p_1 - p_3$$

составимъ слѣдующую табличку:

H	010 $\bar{1}$	001	H	O	121 $\bar{1}$	113	$A\gamma$
—	0110	101	D	—	11 $\bar{1}2$	$\bar{1}13$	$A\gamma$
D	110 $\bar{1}$	012	A	Ab	343 $\bar{1}$	335	$A\alpha c$
—	1110	111	O	$A\alpha\alpha c$	4.7.4. $\bar{1}\bar{1}$	$\bar{2}29$	$A\alpha\alpha^4\gamma$
—	10 $\bar{1}\bar{1}$	$\bar{1}11$	O				

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	$H(2)$	Ab	$A\alpha\alpha c$	старой	H	A	$A\gamma(2)$	$A\alpha c$	$A\alpha\alpha^4\gamma$
	$D(3)$				D				
	$O(2)$				$O(2)$				
	7	0	1	1	9	4	1	2	1 1 9

Результатъ въ высшей степени отчетливый. При новой установкѣ уголъ между (010 $\bar{1}$) и (0110) $61^\circ 56'$.

27. Эпсомитъ. 28. Госларитъ. 29. Моренозитъ.

Кубическій типъ этихъ весьма близкихъ другъ къ другу ромбическихъ минераловъ выраженъ весьма отчетливо. Прежняя установка должна считаться правильною.

30. Мелантеритъ. 31. Биберитъ.

То же приходится сказать и про эти моноклинные минералы.

32. Халькантитъ.

Діаграмма этого триклиннаго кристалла скорѣе говоритъ намъ о гипогексагональномъ типѣ.

Ближайшій подсчетъ вполне подтверждаетъ это первое впечатлѣніе. Въ самомъ дѣлѣ, принявъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_3 : p_1 + p_2 + p_3 : 2p_1 : p_1 - p_2 - p_3$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	0 $\bar{1}$ 1	<i>D</i>	<i>O</i>	11 $\bar{1}$ 2	$\bar{1}$ 21	<i>C</i>
—	010 $\bar{1}$	010	<i>H</i>	<i>A</i>	210 $\bar{1}$	001	<i>H</i>
—	0011	1 $\bar{1}$ 0	<i>D</i>	—	0231	310	<i>Aa</i>
—	0110	110	<i>D</i>	—	0 $\bar{1}$ 23	120	<i>A</i>
<i>D</i>	0121	100	<i>H</i>	—	2 $\bar{1}$ 01	021	<i>A</i>
—	0 $\bar{1}$ 12	130	<i>Aa</i>	<i>B</i>	2123	$\bar{1}$ 11	<i>O</i>
—	110 $\bar{1}$	011	<i>D</i>	—	2321	$\bar{1}$ 31	<i>A\gamma</i>
—	1 $\bar{1}$ 01	031	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	0143	2 $\bar{1}$ 0	<i>A</i>
—	10 $\bar{1}$ 1	$\bar{1}$ 01	<i>D</i>	—	0341	210	<i>A</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (4)	<i>A</i> (4)	<i>Aa</i> (2)	старой	<i>H</i> (3)	<i>A</i> (4)	<i>Aa</i> (3)
	<i>D</i> (5)	<i>B</i> (2)			<i>D</i> (5)	<i>C</i>	<i>A\gamma</i>
	<i>O</i>				<i>O</i>		
	10	6	2 18		9	5	4 18

Результатъ весьма отчетливъ; но онъ становится еще поучительнѣе, если замѣтимъ, что при новой установкѣ грани *I* періода и вертикальнаго пояса дѣйствительно приближаются къ ожидаемымъ угламъ, а именно уголъ *r* (010 $\bar{1}$) и *m* (0110) есть 53°3', а уголъ *m* (0110) и *e* (0011) есть 57°30'.

Значеніе достигнутого результата еще повышается, если примемъ во вниманіе, что при новой установкѣ ассиметрія уменьшается въ значительной степени. Мѣрою ассиметріи въ данномъ случаѣ можетъ служить уголъ между горизонтальною гранью и главнымъ пинакaidомъ. При прежней установкѣ этотъ уголъ 29°46', а при новой 17°28'.

Все это, взятое вмѣстѣ, не оставляетъ сомнѣнія въ важныхъ преимуществахъ новой установки.

33. Херренгрудитъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + p_3 : 2p_3 : -p_1 + p_3$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	0110	101	<i>D</i>	<i>B</i>	2 $\bar{1}$ 23	$\bar{2}$ 21	<i>B</i>
—	0011	$\bar{1}$ 01	<i>D</i>	<i>A\alpha^2</i>	5303	350	<i>A\alpha^2</i>
<i>D</i>	0121	001	<i>H</i>	<i>Aa^2\alpha</i>	5404	450	<i>Aa^2\alpha</i>
—	110 $\bar{1}$	110	<i>D</i>				

Мы видимъ, что эта табличка нисколько не рѣшаетъ вопроса о правильной установкѣ. Тѣмъ не менѣе мы уже, на основаніи всего остального опыта, высказываемся за новую, гипогексагональную, установку этого моноклиннаго минерала, а именно по той причинѣ, что именно при ней уголъ между $(010\bar{1})$ и e (0011) и ϵ (0110) приближается къ 60° , а именно $54^\circ 6'$ и $51^\circ 38'$. Впрочемъ, въ виду отсутствія болѣе прямыхъ доказательствъ, мы не наносимъ этого минерала на общую діаграмму.

34. Коквимбитъ.

Прежняя, гипогексагональная, установка этого гексагональнаго минерала должна считаться правильною.

35. Квенштедтитъ.

Хотя извѣстно и много формъ этого минерала, но такъ какъ почти всѣ, за исключеніемъ двухъ, относятся къ одному поясу, то установка не можетъ быть обоснована съ положительностью.

36. Амарантитъ.

Прежняя, кубическая, установка этого триклиннаго минерала должна считаться правильною.

37. Копіапигъ.

Сложность символовъ большинства формъ этого минерала возбуждаетъ сомнѣніе въ точности ихъ опредѣленія, почему пока лучше воздержаться отъ рѣшенія вопроса о правильной установкѣ.

38. Сингенитъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_3 : p_1 + p_2 : 2p_2 : -p_1 + p_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>A</i>	032 $\bar{1}$	210	<i>A</i>
—	010 $\bar{1}$	100	<i>H</i>	<i>Aa</i>	0341	120	<i>A</i>
<i>D</i>	021 $\bar{1}$	310	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	052 $\bar{3}$	410	<i>Aa^2</i>
—	0110	110	<i>D</i>	—	320 $\bar{2}$	203	<i>Aa</i>
—	110 $\bar{1}$	101	<i>D</i>	<i>Aaa</i>	072 $\bar{5}$	610	<i>Aa^4</i>
—	1 $\bar{1}$ 01	101	<i>D</i>	<i>Aaaa</i>	092 $\bar{7}$	810	<i>Aa^6</i>
—	0121	010	<i>H</i>	<i>Aa^8</i>	0.11.10. $\bar{1}$	650	<i>Aa^3a</i>
<i>O</i>	1121	011	<i>D</i>				

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	$H(2)$ $D(5)$ O	A	Aa $A\alpha(2)$	$A\alpha a$	$A\alpha a\alpha$	Aa^8	
	8	1	3	1	1	1	15
старой	$H(3)$ $D(4)$	$A(2)$	Aa $A\alpha$	Aa^2	Aa^4 $Aa^3\alpha$	Aa^6	
	7	2	2	1	2	1	15

Въ этомъ случаѣ опять уголъ между a (010 $\bar{1}$) и p (0110) приближается къ 60°, а именно равенъ 53°3'.

Въ виду несовершенной отчетливости результата мы воздерживаемся отъ нанесенія этого минерала на общую діаграмму.

39. Пикромеритъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + p_3 : p_3 : -p_1$$

составимъ слѣдующую табличку:

H	1000	010	H	D	1011	$\bar{1}11$	O
—	0110	001	H	O	121 $\bar{1}$	111	O
—	010 $\bar{1}$	100	H	A	210 $\bar{1}$	120	A
D	110 $\bar{1}$	110	D	Aa	310 $\bar{1}$	130	Aa
—	1110	011	D	$A\alpha$	320 $\bar{2}$	230	$A\alpha$
—	0 $\bar{1}$ 12	$\bar{2}$ 01	A				

Отсюда слѣдующее сопоставленіе установокъ:

новой	$H(3)$ $D(4)$ O	A	Aa	$A\alpha$	старой	$H(3)$ $D(2)$ $O(2)$	$A(2)$	Aa	$A\alpha$
	8	1	1	1	11	7	2	1	1 11

Важный результатъ, достигнутый новою установкою, тотъ, что этотъ рѣзко моноклинный минералъ ставится въ рядъ псевдоромбическихъ. При прежней, кубической, установкѣ уголъ между горизонтальною плоскостью и плоскостью c (001) былъ 19°57'; при новой установкѣ уголъ между горизонтальною плоскостью и (0121) около 4°8'.

40. Ціанохроитъ.

Не только въ химическомъ составѣ, но и въ развитіи формъ существуетъ большое родство съ предыдущимъ минераломъ.

Если примемъ за уравненія преобразования

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + p_3 : p_3 : -p_1$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	<i>D</i>	1110	011	<i>D</i>
—	0110	001	<i>H</i>	—	0 $\bar{1}$ 12	$\bar{2}$ 01	<i>A</i>
—	010 $\bar{1}$	100	<i>H</i>	—	1011	$\bar{1}$ 11	<i>O</i>
—	0011	$\bar{1}$ 01	<i>D</i>	<i>C</i>	221 $\bar{1}$	121	<i>C</i>
<i>D</i>	110 $\bar{1}$	110	<i>D</i>				

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (4)	<i>C</i>	старой	<i>H</i> (3)	<i>A</i>
	<i>D</i> (4)			<i>D</i> (3)	<i>C</i>
				<i>O</i>	
	8	1 9		7	2 9

И въ этомъ случаѣ новая установка уменьшаетъ ассиметрію комплекса, а именно, при прежней, кубической, установкѣ этого моноклиннаго минерала уголъ между горизонтальною плоскостью и *c* (001) 16°17'; при новой установкѣ уголъ между горизонтальною плоскостью и (0121) около 2° 35'.

41. Бледить.

Если примемъ за уравненія преобразования

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + p_3 : p_3 : -p_1$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	<i>A</i>	2110	021	<i>A</i>
—	0110	001	<i>H</i>	—	2011	$\bar{1}$ 21	<i>C</i>
—	010 $\bar{1}$	100	<i>H</i>	<i>C</i>	1 $\bar{2}$ 13	$\bar{3}$ 11	<i>A</i> γ
—	0011	$\bar{1}$ 01	<i>D</i>	—	221 $\bar{1}$	121	<i>C</i>
<i>D</i>	1110	011	<i>D</i>	—	2 $\bar{1}$ 12	$\bar{2}$ 21	<i>B</i>
—	0 $\bar{1}$ 12	$\bar{2}$ 01	<i>A</i>	<i>Aa</i>	130 $\bar{3}$	310	<i>Aa</i>
—	1011	$\bar{1}$ 11	<i>O</i>	—	310 $\bar{1}$	130	<i>Aa</i>
<i>O</i>	1 $\bar{1}$ 12	$\bar{2}$ 11	<i>C</i>	<i>A\alpha</i>	230 $\bar{3}$	320	<i>A\alpha</i>
—	1121	$\bar{1}$ 12	<i>C</i>	<i>A\gamma</i>	321 $\bar{1}$	131	<i>A\gamma</i>
<i>A</i>	120 $\bar{2}$	210	<i>A</i>	<i>CB</i>	4341	$\bar{1}$ 44	<i>Aa\gamma</i>
—	210 $\bar{1}$	120	<i>A</i>	<i>Aa^2\alpha</i>	540 $\bar{4}$	450	<i>Aa^2\alpha</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	$H(4)$ $D(3)$ $O(2)$	$A(4)$ $C(3)$	$Aa(2)$ $A\alpha$ $A\gamma$ CB	$Aa^2\alpha$	
	9	7	5	1	22
старой	$H(3)$ $D(2)$ O	$A(4)$ B $C(4)$	$Aa(2)$ $A\alpha$ $A\gamma(2)$	$Aa\gamma$	$Aa^2\gamma$
	6	9	5	1	1 22

Побочный важный результатъ новой установки тотъ, что рѣзко моноклинный минераль становится псевдоромбическимъ. При прежней установкѣ уголъ между горизонтальною плоскостью и c (001) $10^\circ 38'$; при новой уголъ между горизонтальною плоскостью и (0121) $3^\circ 43'$.

42. Ферронатритъ.

Этотъ гексагональный минераль въ развитіи формъ ясно проявляетъ гипогексагональный типъ, почему прежняя, гипогексагональная, установка должна считаться правильною.

43. Ремеритъ.

Если примемъ за уравненія преобразования

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_3 : 2p_2 : p_1 : p_1 - 2p_2$$

составимъ табличку:

H	1000	001	H	A	0231	310	Aa
—	010 $\bar{1}$	010	H	—	0 $\bar{2}$ 13	1 $\bar{1}$ 0	D
—	0011	100	H	—	1 $\bar{2}$ 02	0 $\bar{1}$ 1	D
—	0110	210	A	$Aa\alpha$	340 $\bar{4}$	023	$A\alpha$
D	021 $\bar{1}$	110	D	$Aa^2\alpha$	0594	18.50	$A\alpha^3a^2$
—	0121	410	Aa^2	$A\alpha^3$	5088	805	$A\alpha^3$
—	10 $\bar{1}\bar{1}$	$\bar{1}$ 01	D				

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	$H(4)$ $D(3)$	$A(3)$	$Aa\alpha$	$Aa^2\alpha$ $A\alpha^3$	
	7	3	1	2	13
старой	$H(3)$ $D(4)$	A $A\alpha$	Aa $A\alpha$	Aa^2	$A\alpha^3$ $A\alpha^3a^2$
	7	1	2	1	1 1 13

Отсюда проявляется очень большое преимущество новой установки этого триклинного минерала. Но это преимущество станетъ еще болѣе очевиднымъ, если мы замѣтимъ, что именно при ней уголъ между b (010 $\bar{1}$) и c (0011) весьма приближается къ 60°, а именно 64° 20'.

44. Калинитъ.

Принявъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_3 : p_1 + p_2 : 2p_2 : -p_1 + p_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

H	1000	001	H	O	121 $\bar{1}$	311	$A\gamma$
—	010 $\bar{1}$	100	H	A	032 $\bar{1}$	210	A
—	0110	110	D	—	120 $\bar{2}$	401	Aa^2
D	0121	010	H	—	210 $\bar{1}$	101	D
—	021 $\bar{1}$	310	Aa	—	1220	221	B
—	110 $\bar{1}$	201	A	C	1231	131	$A\gamma$
—	1110	111	O	—	1132	$\bar{1}31$	$A\gamma$
—	1011	$\bar{1}11$	O	$A\alpha$	3022	$\bar{2}23$	Ac
O	1121	021	A	$Aa\alpha$	4330	334	Aac

Отсюда сопоставленіе установокъ:

НОВОЙ	$H(3)$	$A(4)$	$A\alpha$	$Aa\alpha$		старой	$H(3)$	$A(3)$	Aa	Aa^2	
	$D(5)$	$C(2)$					$D(2)$	B	Ac	Aac	
	$O(2)$						$O(2)$		$A\gamma(3)$		
	10	6	1	1	18		7	4	5	2	18

При новой установкѣ уголъ между (010 $\bar{1}$) и (0110) 50° 32'.

45. Дарапскитъ.

Принявъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + p_3 : p_3 : -p_1$$

составимъ табличку:

H	1000	010	H	D	1110	011	D
—	0110	001	H	—	021 $\bar{1}$	101	D
—	010 $\bar{1}$	100	H	—	0 $\bar{1}$ 12	$\bar{2}01$	A
—	0011	$\bar{1}01$	D	C	221 $\bar{1}$	121	C
D	110 $\bar{1}$	110	D	$A\alpha$	052 $\bar{3}$	302	$A\alpha$

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	$H(4)$ $D(4)$	C	$A\alpha$		старой	$H(3)$ $D(4)$	A C	$A\alpha$	
	8	1	1	10		7	2	1	10

Преимущество новой установки еще значительно усилится, если примемъ во вниманіе, что благодаря ей этотъ рѣзко моноклинный минералъ становится псевдоромбическимъ. При прежней установкѣ уголъ между c (001) и горизонтальною плоскостью $12^\circ 55'$; при новой установкѣ уголъ между послѣднею и гранью (0121) около $1^\circ 15'$.

46. Долерофанитъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$p_1' : p_2' : p_3' = p_1 - p_2 : p_1 + p_2 : p_3$$

составимъ слѣдующую табличку:

H	001	001	H	O	$\bar{1}11$	011	D
—	010	110	D	—	111	101	D
D	$\bar{1}10$	010	H	A	$\bar{1}02$	$\bar{1}14$	$Aa\gamma$
—	110	100	H	Ab	331	301	Aa
—	011	112	C	$A\gamma$	113	103	Aa
—	$\bar{1}01$	$\bar{1}12$	C	BA	$\bar{5}13$	$\bar{2}33$	$A\beta$
				$A\alpha^2ab$	$\bar{1}\bar{1}.1\bar{1}.3$	$\bar{1}\bar{1}.0.3$	$A\alpha^3$

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	$H(2)$ $D(4)$ $O(2)$	A	Ab $A\gamma$ BA	$A\alpha^2ab$	
	8	1	3	1	13
старой	$H(3)$ $D(3)$	$C(2)$	$Aa(2)$ $A\beta$	$Aa\gamma$	$A\alpha^3$
	6	2	3	1	13

Итакъ, хотя и въ новой установкѣ этотъ моноклинный минералъ сохраняетъ хорошо выраженный въ немъ кубическій типъ, но періоды формъ понижаются.

VII-й КЛАССЪ.

Алюминаты, бораты и аналогичныя соединенія.

Къ этому классу относятся слѣдующіе минералы кубической сингоніи: *шпинель*, *пленастъ*, *герцинитъ*, *никотитъ*, *ганитъ*, *дислуитъ*, *франклинитъ*, *хромитъ*, *марганцевая шпинель*, *якобситъ*, *манганоманнетитъ*, *магноферритъ*, *магнетитъ*, *титаноманнетитъ*, *родицитъ*, *борацитъ*.

Подлежатъ нанесенію на діаграмму слѣдующіе минералы:

1. Хризобериллъ.

Принявъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_1 : p_2 + p_3 : 2p_3 : -p_2 + p_3$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	100	<i>H</i>	<i>A</i>	2110	211	<i>C</i>
—	010 $\bar{1}$	010	<i>H</i>	—	1220	122	<i>B</i>
—	0110	011	<i>D</i>	<i>B</i>	232 $\bar{1}$	121	<i>C</i>
<i>D</i>	0121	001	<i>H</i>	<i>C</i>	2121	101	<i>D</i>
—	110 $\bar{1}$	120	<i>A</i>	<i>Aa</i>	130 $\bar{3}$	160	<i>Aa^4</i>
—	021 $\bar{1}$	031	<i>Aa</i>	—	230 $\bar{3}$	130	<i>Aa</i>
—	1110	111	<i>O</i>	<i>Aa\alpha</i>	430 $\bar{3}$	230	<i>A\alpha</i>
<i>O</i>	1121	102	<i>A</i>	<i>Aac</i>	436 $\bar{3}$	203	<i>A\alpha</i>
<i>A</i>	210 $\bar{1}$	110	<i>D</i>	<i>A\alpha\gamma</i>	272 $\bar{5}$	161	<i>Aa^3\gamma</i>
—	032 $\bar{1}$	021	<i>A</i>	<i>Aa\alpha^2</i>	470 $\bar{7}$	270	<i>A\alpha\alpha^2</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (3)	<i>A</i> (4)	<i>Aa</i> (2)	<i>Aa\alpha</i>	<i>Aa\alpha^2</i>	
	<i>D</i> (4)	<i>B</i>		<i>Aac</i>		
	<i>O</i>	<i>C</i>		<i>A\alpha\gamma</i>		
	8	6	2	3	1	20
старой	<i>H</i> (3)	<i>A</i> (3)	<i>Aa</i> (2)		<i>Aa^4</i>	
	<i>D</i> (3)	<i>B</i>	<i>A\alpha</i> (2)		<i>Aa^3\gamma</i>	
	<i>O</i>	<i>C</i> (2)			<i>A\alpha\alpha^2</i>	
	7	6	4	0	0	3
						20

Преимущества новой установки бросаются въ глаза. Но они станутъ еще болѣе отчетливыми, если замѣтимъ, что именно при ней уголъ между *a* (010 $\bar{1}$) и *i* (0110) есть 59° 53, то есть всего на 7' отличается отъ 60°.

2. Гамбергитъ.

Прежняя, кубическая, установка этого ромбического минерала можетъ считаться правильною, хотя свѣдѣнія о его комплексѣ слишкомъ недостаточны, и потому требуется подтвержденіе.

3. Еремѣевитъ.

Прежняя, гипогексагональная, установка этого гексагонального минерала должна считаться правильною.

4. Пинноитъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$p'_1 : p'_2 : p'_3 = p_1 + p_2 : p_1 - p_2 : p_3$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	100	110	<i>D</i>	<i>O</i>	$1\bar{1}1$	011	<i>D</i>
<i>D</i>	101	112	<i>C</i>	\mathfrak{A}	$3\bar{1}2$	122	<i>B</i>

Это сопоставленіе ясно свидѣтельствуетъ о правильности новой установки этого тетрагонального минерала.

5. Бура.

Прежняя, кубическая, установка этого моноклинного минерала должна считаться правильною.

6. Колеманитъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_2 : p_1 + p_3 : 2p_3 : -p_1 + p_3$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	<i>O</i>	$1\bar{1}12$	$\bar{3}11$	<i>A\gamma</i>
—	010 $\bar{1}$	100	<i>H</i>	<i>A</i>	210 $\bar{1}$	110	<i>D</i>
—	0110	101	<i>D</i>	—	032 $\bar{1}$	201	<i>A</i>
—	0011	$\bar{1}01$	<i>D</i>	—	2110	121	<i>C</i>
<i>D</i>	0121	001	<i>H</i>	—	2011	$\bar{1}21$	<i>C</i>
—	110 $\bar{1}$	210	<i>A</i>	<i>B</i>	2 $\bar{1}23$	$\bar{2}11$	<i>C</i>
—	0 $\bar{1}12$	$\bar{3}01$	<i>Aa</i>	<i>C</i>	2121	011	<i>D</i>
—	1110	111	<i>O</i>	—	$1\bar{1}23$	$\bar{4}12$	<i>CA</i>
—	1011	$\bar{1}11$	<i>O</i>	—	2 $\bar{1}12$	$\bar{3}21$	\mathfrak{A}
<i>O</i>	121 $\bar{1}$	311	<i>A\gamma</i>	\mathfrak{A}	2 $\bar{3}14$	$\bar{7}21$	<i>Aa^2\gamma A</i>

Aa	3110	131	$A\gamma$	$A\gamma$	141 $\bar{3}$	711	$Aa^4\gamma$
—	3011	$\bar{1}31$	$A\gamma$	CA	4 $\bar{1}23$	$\bar{2}21$	B
$A\alpha$	0 $\bar{3}25$	$\bar{4}01$	Aa^2	Aa^2	410 $\bar{1}$	120	A
—	3022	$\bar{2}32$	Ac	$Aa\gamma$	4121	021	A
Ab	341 $\bar{3}$	731	CAa	$A\alpha a$	0 $\bar{5}27$	$\bar{6}01$	Aa^4
Ac	2 $\bar{3}25$	$\bar{4}11$	$Aa\gamma$	CAa	741 $\bar{3}$	771	Aa^4b
$A\gamma$	321 $\bar{1}$	331	Ab	$Aa\gamma A$	6 $\bar{1}23$	$\bar{2}31$	\mathfrak{A}
—	3 $\bar{1}12$	$\bar{3}31$	Ab	$Aa^3\gamma A$	8 $\bar{1}23$	$\bar{2}41$	CA

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	$H(4)$ $D(5)$ $O(2)$	$A(4)$ B $C(3)$ \mathfrak{A}	$Aa(2)$ $A\alpha(2)$ Ab Ac $A\gamma(3)$ CA	Aa^2 $Aa\gamma$ $A\alpha a$ CAa	$Aa\gamma A$	—	$Aa^3\gamma A$	
	11	9	10	4	1	0	1	36
старой	$H(3)$ $D(4)$ $O(2)$	$A(4)$ B $C(2)$ $\mathfrak{A}(2)$	Aa $Ab(2)$ $Ac(2)$ $A\gamma(4)$ $CA(2)$	Aa^2 $Aa\gamma$ CAa	—	Aa^4 $Aa^2\gamma A$	Aa^4b $Aa^4\gamma$	
	9	9	11	3	0	2	2	36

Для этого моноклиннаго минерала уголъ между гранями (0 $\bar{1}01$) и (0011) 69° 24'. Но особенно замѣчательно пониженіе величины ассиметріи. Вмѣсто угла 20°13 между горизонтальною плоскостью и гранью (001) теперь мѣрою ассиметріи служитъ разность между прямымъ угломъ и угломъ между гранями (0011) и (021 $\bar{1}$); такъ какъ послѣдній уголъ есть 89° 34, то мѣрою ассиметріи служитъ уголъ 0° 26'.

7. Надорить.

Прежнюю, кубическую, установку этого ромбическаго минерала слѣдуетъ признать правильною.

VIII-й КЛАССЪ.

Соли фосфорной и аналогичныхъ кислотъ.

Къ этому классу относятся слѣдующіе минералы кубической сингоніи: *берцелитъ*, *монимолитъ*, *фармакосидеритъ*.

1. Бериллонитъ.

Если принять за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_3 : p_1 + p_2 : 2p_1 : p_1 - p_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>Aa</i>	0341	210	<i>A</i>
—	0101	010	<i>H</i>	—	3101	013	<i>Aa</i>
—	0110	110	<i>D</i>	—	1303	031	<i>Aa</i>
<i>D</i>	0121	100	<i>H</i>	<i>Aa</i>	0523	140	<i>Aa</i> ²
—	0211	130	<i>Aa</i>	—	3202	023	<i>Aa</i>
—	1101	011	<i>D</i>	—	2303	032	<i>Aa</i>
—	1110	112	<i>C</i>	<i>Ac</i>	2523	142	<i>CA</i>
<i>O</i>	1121	101	<i>D</i>	<i>Aγ</i>	1341	211	<i>C</i>
—	1211	132	<i>Ж</i>	<i>BA</i>	1583	411	<i>Aaγ</i>
<i>A</i>	0231	310	<i>Aa</i>	<i>B</i> ²	3725	163	<i>Жa</i>
—	0321	120	<i>Aa</i>	<i>CA</i>	1624	151	<i>Aa</i> ² <i>γ</i>
—	0312	150	<i>Aa</i> ³	—	2541	232	<i>Ac</i>
—	2101	012	<i>A</i>	<i>Aa</i> ²	0541	230	<i>Aa</i>
—	1202	021	<i>A</i>	—	4101	014	<i>Aa</i> ²
—	1220	111	<i>O</i>	—	1404	041	<i>Aa</i> ³
<i>B</i>	1242	201	<i>A</i>	—	1440	221	<i>B</i>
—	1422	131	<i>Aγ</i>	<i>Aa</i> ²	0583	410	<i>Aa</i> ²
—	2321	122	<i>B</i>	<i>AγA</i>	1725	161	<i>Aa</i> ³ <i>γ</i>
<i>C</i>	1321	121	<i>C</i>	<i>Aa</i> ³	0561	320	<i>Aa</i>
—	2121	102	<i>A</i>	—	1505	051	<i>Aa</i> ³
<i>Ж</i>	2341	212	<i>B</i>	<i>AaγA</i>	1682	421	<i>CA</i>
—	1523	141	<i>Aaγ</i>	<i>Aa</i> ⁴	1606	061	<i>Aa</i> ⁴
—	1541	231	<i>Ж</i>	—	1660	331	<i>Ab</i>
—	3321	123	<i>Ж</i>	<i>Aa</i> ⁴	0.13.2.11	1.12.0	<i>Aa</i> ¹⁰

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (3)	<i>A</i> (6)	<i>Aa</i> (3)	<i>Aa</i> ² (4)	<i>Aa</i> ³ (2)	<i>Aa</i> ⁴ (2)	<i>Aa</i> ⁴
	<i>D</i> (4)	<i>B</i> (3)	<i>Aa</i> (3)	<i>Aa</i> ²	<i>AaγA</i>		
	<i>O</i> (2)	<i>C</i> (2)	<i>Ac</i>	<i>AγA</i>			
		<i>Ж</i> (4)	<i>Aγ</i>				

			BA B^2 $CA(2)$					
	9	15	12	6	3	1	1	47
старой	$H(3)$	$A(5)$	$Aa(3)$	$Aa^2(4)$	$Aa^3(2)$	Aa^4	Aa^{10}	
	$D(3)$	$B(3)$	$A\alpha(5)$	$Aa\gamma(2)$	$Aa^2\gamma$	$Aa^3\gamma$		
	O	$C(3)$	Ab					
		$\mathfrak{A}(3)$	Ac					
			$A\gamma$					
			$CA(2)$					
			$\mathfrak{A}a$					
	7	14	14	6	3	2	1	47

2. Трифилинъ.

Прежняя, кубическая, установка этого ромбического минерала должна считаться правильной.

3. Ксенотомъ.

Тоже.

4. Фергусонитъ.

Прежняя, кубическая, установка этого тетрагонального минерала должна считаться правильною, хотя число формъ для этого не вполне достаточно, а желательно подтвержденіе новыми наблюденіями.

5. Монацитъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + p_3 : p_3 : -p_1$$

составимъ слѣдующую табличку:

H	1000	010	H	O	$121\bar{1}$	111	O
—	0110	001	H	—	$1\bar{1}12$	$\bar{2}11$	C
—	$010\bar{1}$	100	H	—	1121	$\bar{1}12$	C
—	0011	$\bar{1}01$	D	A	$120\bar{2}$	210	A
D	$110\bar{1}$	110	D	—	$210\bar{1}$	120	A
—	1110	011	D	—	1220	012	A
—	$021\bar{1}$	101	D	—	1022	$\bar{2}12$	B
—	1011	$\bar{1}11$	O	—	2011	$\bar{1}21$	C

<i>C</i>	131 $\bar{2}$	211	<i>C</i>	<i>Aa</i>	130 $\bar{3}$	310	<i>Aa</i>
—	1 $\bar{2}$ 13	$\bar{3}$ 11	<i>A</i> γ	<i>Aa</i> ²	085 $\bar{3}$	305	<i>Aa</i> ²
—	121 $\bar{1}$	121	<i>C</i>	<i>Aa</i> ⁵	081 $\bar{7}$	701	<i>Aa</i> ⁵
—	132 $\bar{1}$	112	<i>C</i>				

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (4) <i>D</i> (4) <i>O</i> (3)	<i>A</i> (5) <i>C</i> (4)	<i>Aa</i>	<i>Aa</i> ²	<i>Aa</i> ⁵	
	11	9	1	1	1	23
старой	<i>H</i> (3) <i>D</i> (4) <i>O</i> (2)	<i>A</i> (3) <i>B</i> <i>C</i> (6)	<i>Aa</i> <i>A</i> γ	<i>Aa</i> ²	<i>Aa</i> ⁵	
	9	10	2	1	1	23

При этой установкѣ уголъ между гранями *a* (010 $\bar{1}$) и *x* (0011) этого моноклиннаго минерала 53° 31'. Вмѣсто угла 13° 40' мѣрою ассиметріи служитъ уголъ, составляющій разность между прямымъ и угломъ между (0011) и (021 $\bar{1}$), то есть 86° 16', и значитъ уголъ 3° 44'.

6. Пухеритъ.

Прежняя, кубическая, установка этого ромбическаго минерала должна считаться правильною, хотя вслѣдствіе малаго числа формъ подтвержденіе желательно.

7. Тапіолитъ.

Прежняя, кубическая, установка этого тетрагональнаго минерала должна считаться правильною, хотя по малому числу формъ подтвержденіе и желательно.

8. Колумбитъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_3 : p_1 + p_2 : 2p_1 : p_1 - p_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>D</i>	1110	111	<i>O</i>
—	010 $\bar{1}$	010	<i>H</i>	<i>O</i>	1121	201	<i>A</i>
—	0110	110	<i>D</i>	—	121 $\bar{1}$	131	<i>A</i> γ
<i>D</i>	0121	100	<i>H</i>	<i>A</i>	031 $\bar{2}$	150	<i>Aa</i> ³
—	021 $\bar{1}$	130	<i>Aa</i>	—	210 $\bar{1}$	011	<i>D</i>
—	110 $\bar{1}$	021	<i>A</i>	—	1220	221	<i>B</i>

<i>B</i>	232 $\bar{1}$	121	<i>C</i>	Aa^2	410 $\bar{1}$	012	<i>A</i>
<i>C</i>	2121	101	<i>D</i>	$Aa\alpha$	430 $\bar{3}$	032	$A\alpha$
—	132 $\bar{1}$	241	CA	—	340 $\bar{4}$	083	$A\alpha^2\alpha$
\mathfrak{A}	2341	211	<i>C</i>	$A\alpha\alpha$	072 $\bar{5}$	160	Aa^4
Aa	041 $\bar{3}$	170	Aa^5	$Aa\gamma$	272 $\bar{5}$	161	$Aa^3\gamma$
$A\gamma$	321 $\bar{1}$	133	<i>Ab</i>	$A\gamma A$	2541	231	\mathfrak{A}
B^2	2583	411	$Aa\gamma$	$Aa^2\alpha$	540 $\bar{4}$	085	$A\alpha^3$
$\mathfrak{A}c$	6725	163	$\mathfrak{A}a$	Aa^7	1990	991	Aa^6b

Отсюда сопоставленіе установокъ:

	новой	<i>H</i> (3)	<i>A</i> (3)	<i>Aa</i>	Aa^2	$Aa^2\alpha$	Aa^7	
		<i>D</i> (4)	<i>B</i>	$A\gamma$	$Aa\alpha(2)$			
		<i>O</i> (2)	<i>C</i> (2)	B^2	$A\alpha\alpha$			
			\mathfrak{A}	$\mathfrak{A}c$	$Aa\gamma$			
					$A\gamma A$			
		9	7	4	6	1	1	28
старой	<i>H</i> (3)	<i>A</i> (4)	<i>Aa</i>	$Aa\gamma$	Aa^3	Aa^4	Aa^5	Aa^6b
	<i>D</i> (3)	<i>B</i>	$A\alpha$			$Aa^3\gamma$		
	<i>O</i>	<i>C</i> (2)	<i>Ab</i>			$A\alpha\alpha^2$		
		\mathfrak{A}	$A\gamma$			$A\alpha^2a$		
			CA					
			$\mathfrak{A}a$					
		7	7	6	1	4	1	1 28

При этой установкѣ углы между гранями *b* (010 $\bar{1}$) и *g* (0110) 68° 5'.

9. Апатитъ. 10. Пироморфитъ. 11. Свабитъ. 12. Миметезитъ. 13. Гедифанъ.
14. Ванадинитъ.

Прежнюю, гипогексагональную, установку всѣхъ этихъ столь близкихъ другъ къ другу гексагональныхъ минераловъ слѣдуетъ считать правильною.

15. Аннеродитъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_3 : p_1 + p_2 : 2p_1$$

получимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>O</i>	121 $\bar{1}$	131	$A\gamma$
—	010 $\bar{1}$	010	<i>H</i>	<i>A</i>	031 $\bar{2}$	150	Aa^3
<i>D</i>	0121	100	<i>H</i>	—	210 $\bar{1}$	011	<i>D</i>
—	0110	110	<i>D</i>	—	1220	221	<i>B</i>
—	021 $\bar{1}$	130	Aa	<i>B</i>	232 $\bar{1}$	121	<i>C</i>
—	1110	111	<i>O</i>	\mathfrak{A}	2341	211	<i>C</i>
<i>O</i>	1121	201	<i>A</i>	Aa^2	410 $\bar{1}$	012	<i>A</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	$H(2)$	$A(3)$	Aa^2	старой	$H(3)$	$A(2)$	Aa	Aa^3
	$D(4)$	B			$D(2)$	B	$A\gamma$	
	$O(2)$	\mathfrak{A}			O	$C(2)$		
	8	5	1	14	6	5	2	1 14

При этой установкѣ уголъ между $(010\bar{1})$ и (0110) въ этомъ ромбическомъ минералѣ $68^\circ 1'$.

16. Амблигонитъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_3 : 2p_1 + p_2 : 2p_1 : -p_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

H	1000	001	H	D	$1\bar{1}01$	$0\bar{2}1$	A
—	0110	100	H	—	1110	101	D
—	0011	$1\bar{2}0$	A	—	$1\bar{1}\bar{1}0$	$\bar{1}01$	D
D	0121	$1\bar{1}0$	D	A	$032\bar{1}$	110	D

Отсюда сопоставленіе установокъ:

НОВОЙ	$H(3)$	A	старой	$H(2)$	$A(2)$	
	$D(4)$			$D(4)$		
	7	1	8	6	2	8

При этой установкѣ уголъ между $(010\bar{1})$ и (0110) въ этомъ триклинномъ минералѣ $69^\circ 35'$.

17. Дурангитъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$p_0 : p_1 : p_2 : p_3 = p_2 : p_1 + p_3 : p_3 : -p_1$$

составимъ слѣдующую табличку:

H	1000	010	H	O	$121\bar{1}$	111	O
—	$010\bar{1}$	100	H	—	1121	$\bar{1}12$	C
D	$110\bar{1}$	110	D	A	2110	021	A
—	1011	$\bar{1}11$	O				

Отсюда сопоставленіе установокъ:

НОВОЙ	$H(2)$	A		старой	$H(2)$	A	
	$D(2)$				D	C	
	$O(2)$				$O(2)$		
	<hr/>				<hr/>		
	6	1	7		5	2	7

При этой установкѣ уголъ между гранями a (010 $\bar{1}$) и (0110) 64° 47'. Вмѣсто угла 25° 13' между горизонтальною плоскостью и гранью (001) теперь мѣрою ассиметріи служить уголъ между тою же плоскостью и гранью (0121), то есть 6° 44'.

18. Либетенитъ. 19. Оливенитъ. 20. Адаминъ.

Прежняя, кубическая, установка этихъ весьма близкихъ другъ къ другу ромбическихъ минераловъ должна считаться правильною.

21. Гердеритъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_3 : p_1 + p_2 : 2p_1 : p_1 - p_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

H	1000	001	H	B	21 $\bar{2}$ 3	$\bar{1}$ 21	C
—	010 $\bar{1}$	010	H	—	12 $\bar{2}$ 4	$\bar{2}$ 61	$Aa\gamma A$
—	0110	110	D	C	2121	101	D
D	0121	100	H	—	2 $\bar{1}$ 2 $\bar{1}$	$\bar{1}$ 01	D
—	021 $\bar{1}$	130	Aa	—	21 $\bar{1}$ 2	$\bar{1}$ 32	\mathfrak{A}
—	1110	111	O	\mathfrak{A}	31 $\bar{2}$ 3	$\bar{2}$ 43	C^2
—	10 $\bar{1}$ 1	$\bar{1}$ 11	O	Aa	310 $\bar{1}$	023	$A\alpha$
—	110 $\bar{1}$	021	A	—	3110	113	$A\gamma$
O	1 $\bar{1}$ 2 $\bar{1}$	201	A	$A\alpha$	3220	223	Ac
A	032 $\bar{1}$	120	A	$A\gamma$	3121	203	$A\alpha$
—	210 $\bar{1}$	011	D	CA	41 $\bar{2}$ 3	122	B
—	120 $\bar{2}$	041	Aa^3	CB	452 $\bar{3}$	142	CA
—	1220	221	B	$Aa\gamma A$	632 $\bar{1}$	123	\mathfrak{A}
—	10 $\bar{2}$ 2	$\bar{2}$ 21	B	$A\alpha^3$	3880	883	$A\alpha^3b$

Отсюда сопоставленіе установокъ:

НОВОЙ	$H(3)$	$A(5)$	$Aa(2)$	$Aa\gamma A$	старой	$H(3)$	$A(3)$	Aa	Aa^2	$Aa\gamma A$		
	$D(5)$	$B(2)$	$A\alpha$	$A\alpha^3$		$D(4)$	$B(3)$	$A\alpha(2)$		$A\alpha^2b$		
	O	$C(3)$	$A\gamma$			$O(2)$	C	Ac				
		\mathfrak{A}	CA				$\mathfrak{A}(2)$	$A\gamma$				
			CB					CA				
								C				
	9	11	6	2	28		9	9	7	1	2	28

При новой установкѣ уголъ между гранями b (010 $\bar{1}$) и m (0110) въ этомъ моноклинномъ минералѣ 57° 45'.

22. Деклуазитъ.

Принявъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_3 : p_1 + p_2 : 2p_1 : p_1 - p_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>A</i>	1220	111	<i>O</i>
—	010 $\bar{1}$	010	<i>H</i>	<i>B</i>	1242	201	<i>A</i>
—	0110	110	<i>D</i>	<i>C</i>	221 $\bar{1}$	134	<i>CA</i>
<i>D</i>	0121	100	<i>H</i>	<i>Aa</i>	0352	510	<i>Aa</i> ³
—	021 $\bar{1}$	130	<i>Aa</i>	<i>Aγ</i>	1341	211	<i>C</i>
—	110 $\bar{1}$	011	<i>D</i>	<i>Aa</i> ³	5110	1.1.10	<i>Aa</i> ⁷ <i>γ</i>
<i>O</i>	1121	102	<i>A</i>	<i>Aa</i> ⁵ <i>γA</i>	1.10.12.2	641	<i>αα</i>
—	121 $\bar{1}$	132	<i>α</i>	<i>Aa</i> ⁹ <i>γA</i>	1.14.16.2	861	<i>AγAa</i>
<i>A</i>	210 $\bar{1}$	012	<i>A</i>	—	2.15.14. $\bar{1}$	782	<i>AγAb</i>
—	120 $\bar{2}$	021	<i>A</i>				

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (3) <i>D</i> (3) <i>O</i> (2)	<i>A</i> (3) <i>B</i> <i>C</i>	<i>Aa</i> <i>Aγ</i>	<i>Aa</i> ³	<i>Aa</i> ⁵ <i>γA</i>	<i>Aa</i> ⁹ <i>γA</i> (2)	
	8	5	2	1	1	2	19
старой	<i>H</i> (3) <i>D</i> (2) <i>O</i>	<i>A</i> (4) <i>C</i> <i>α</i>	<i>Aa</i> <i>CB</i> <i>αα</i>	<i>Aa</i> ³ <i>AγAa</i> <i>AγAb</i>	<i>Aa</i> ⁷ <i>γ</i>		
	6	6	3	3	1		19

При новой установкѣ являются три формы съ весьма сложными символами; но тѣ же формы имѣютъ весьма сложные символы и при прежней установкѣ. Въ виду яснаго результата, проявляемаго въ сопоставленіи формъ низшихъ періодовъ, является сомнѣніе въ точности символовъ этихъ особыхъ трехъ формъ. Поэтому правильность новой установки нуждается въ подтвержденіи.

При этой новой установкѣ уголъ между гранями *b* (010 $\bar{1}$) и *m* (0110) 57° 31'.

23. Вагнеритъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + p_3 : p_3 : -p_1$$

Но имѣя въ виду, что какъ для пояса, въ которомъ $p_3 = 0$, такъ равно и для пояса, въ которомъ $p_1 = 0$, мы получимъ одинаковые зональные символы при обѣихъ установкахъ, мы, ради сокращенія, можемъ пропустить грани этихъ сильно развитыхъ поясовъ, и тогда составимъ табличку:

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	<i>O</i>	1121	$\bar{1}12$	<i>C</i>
—	0110	001	<i>H</i>	<i>A</i>	0 $\bar{2}$ 13	$\bar{3}01$	<i>Aa</i>
—	010 $\bar{1}$	100	<i>H</i>	—	1022	$\bar{2}12$	<i>B</i>
—	0011	$\bar{1}01$	<i>D</i>	<i>B</i>	2312	221	<i>B</i>
<i>D</i>	021 $\bar{1}$	101	<i>D</i>	—	232 $\bar{1}$	122	<i>B</i>
—	0 $\bar{1}$ 12	$\bar{2}01$	<i>A</i>	<i>C</i>	2121	$\bar{1}22$	<i>B</i>
—	1011	$\bar{1}11$	<i>O</i>	—	2 $\bar{1}$ 12	$\bar{2}21$	<i>B</i>
<i>O</i>	121 $\bar{1}$	111	<i>O</i>	<i>A\gamma</i>	1143	$\bar{3}14$	<i>CB</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (4)	<i>A</i> (2)	<i>A\gamma</i>	старой	<i>H</i> (3)	<i>A</i>	<i>Aa</i>
	<i>D</i> (3)	<i>B</i> (2)			<i>D</i> (2)	<i>B</i> (5)	<i>CB</i>
	<i>O</i> (2)	<i>C</i> (2)			<i>O</i> (2)	<i>C</i>	
	9	6	1 16		7	7	2 16

При этой установкѣ уголъ между гранями *a* (010 $\bar{1}$) и *w* (0011) этого моноклиннаго минерала 63° 25'. Но еще замѣчательнѣе уменьшеніе ассиметріи. При прежней установкѣ уголъ между горизонтальною плоскостью и *c* (001) 18° 7'; при новой установкѣ уголъ между тою же плоскостью и гранью (0121) 4° 57'.

24. Саркинитъ. 25. Аделитъ.

Эти два моноклинные минерала такъ близки по своимъ комплексамъ, что мы ихъ можемъ разсматривать совмѣстно.

Принявъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + p_3 : p_3 : -p_1$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	0110	001	<i>H</i>	+	+
—	010 $\bar{1}$	100	<i>H</i>	+	+
<i>D</i>	110 $\bar{1}$	110	<i>D</i>	+	+
—	1011	$\bar{1}11$	<i>O</i>	+	—
—	1110	011	<i>D</i>	—	+
<i>A</i>	2110	021	<i>A</i>	+	—
<i>C</i>	2 $\bar{1}$ 12	$\bar{2}21$	<i>B</i>	—	+

Разсматривая эту табличку, мы не замѣтимъ никакого преимущества новой установки. Однако оно станетъ весьма рѣзкимъ, если обратимъ вниманіе на то, что при новой установкѣ

весьма уменьшится ассиметрія: вмѣсто прежняго угла между горизонтальною плоскостью и c (001) въ саркинитѣ теперь уголъ между тою же плоскостью и гранью (0121) станетъ $4^\circ 47'$; уголъ между a (010 $\bar{1}$) и c (0110) будетъ $62^\circ 13'$. Соответственныя измѣненія произойдутъ и въ аделитѣ. На основаніи весьма обширнаго опыта теперь такія соотношенія являются вѣрными указателями правильной установки¹⁾.

Однако мы имѣемъ болѣе непосредственное свидѣтельство правильности новой установки, даваемое намъ развитіемъ формъ триплоидита, столь близкаго къ аделиту, что можетъ разсматриваться какъ изоморфное съ нимъ вещество.

26. Триплоидитъ.

Примѣнивъ тѣ же уравненія преобразованія, составимъ табличку:

H	1000	010	H	D	110 $\bar{1}$	110	D
—	0110	001	H	—	1110	011	D
—	010 $\bar{1}$	100	H	O	1 $\bar{1}$ 12	$\bar{2}$ 11	C

Здѣсь уже преимущество новой установки становится очевиднымъ непосредственно по развитію формъ. Всѣ же другія преимущества сохраняются въ полной и даже въ высшей мѣрѣ. Такъ величина ассиметріи уменьшается съ $18^\circ 44'$ почти только до 4° .

27. Дигидритъ.

Прежняя, кубическая, установка этого триклиннаго псевдоромбическаго минерала можетъ считаться правильною. Страннымъ является замѣна главныхъ граней (111) близкими къ нимъ (554), (545), (554), (445), (434) и т. п.

28. Клиноклазъ.

Этотъ минераль обладаетъ столь несовершенно образованными гранями, что различіе не только въ теоретическихъ и наблюденныхъ углахъ, но даже въ углахъ, принятыхъ за константы, значительно превосходитъ у разныхъ наблюдателей величину цѣлаго градуса. Между тѣмъ свойства этого минерала весьма замѣчательны, и въ извѣстномъ смыслѣ являются крайними. Такъ по въ высшей степени совершенства спайности по грани c минераль приближается къ слюдамъ, то есть представляетъ въ высокой степени рѣзко выраженный типъ положительнаго кристалла. Проявляя отчетливо принадлежность къ моноклинной сингоніи, минераль подражаетъ въ своихъ формахъ кристалламъ гексагональной сингоніи кубическаго

1) Кстати замѣтить, что при прежней установкѣ ориентировкѣ аделита грань (0110) замѣнить (0011) и минералы эти неправильно ориентированы относительно другъ друга. Для вѣрности слѣдовало бы въ новой ориентировкѣ аделита грань (0110) замѣнить (0011) и вообще $(q_0 q_1 q_2 q_3)$ замѣнить последовательностью $(q_0 q_3 q_2 q_1)$.

типа. И дѣйствительно представляется возможность дать ему установку, соответствующую этимъ его рѣзко выраженнымъ свойствамъ и облику.

Для этого, однако, пришлось бы принять довольно сложныя уравненія преобразованія, а именно:

$$p'_1 : p'_2 : p'_3 = 2p_1 - 2p_2 + 3p_3 : 2p_1 + 2p_2 + 3p_3 : 3p_3.$$

Тогда получимъ слѣдующее сопоставленіе:

прежніе символы:	$H100$;	001 ;	$D110$;	101 ;	$O\bar{1}11$;	$A\alpha\bar{3}02$;	$A\gamma\bar{1}13$	
новые	»	110	111	010	553	$\bar{1}33$	001	599 .

Несомнѣнно, что новые символы въ такомъ видѣ быть принятыми не могутъ. Но, съ другой стороны, бросается въ глаза приближеніе ихъ къ простымъ. Особенно это имѣетъ мѣсто по отношенію (599), близкаго къ (122); также (553) приближается къ (221). При томъ несовершенствѣ въ образованіи граней, какое присуще этому веществу, нѣтъ ничего невѣроятнаго, если эти грани представляются только замѣщающими другія съ простыми индексами. Пока присутствіе таковыхъ граней не будетъ констатировано непосредственно, новая установка представляется недопустимою, а потому мы и воздержимся отъ нанесенія этого минерала на общую діаграмму. Но важныя преимущества, какія получила бы новая установка при ея подтвержденіи, заставляютъ желать болѣе обстоятельнаго кристаллографическаго изслѣдованія этого вещества, которое можно было бы воспроизвести и искусственно.

Если бы новая установка подтвердилась, то мы получили бы уголъ между (111) и (001) $80^\circ 30'$, а уголъ между (100) и (010) былъ бы 124° , и тогда этотъ минералъ клино-клазъ (иначе *абихитъ*) былъ бы изъ всѣхъ псевдогексагональныхъ кристалловъ кубическаго типа крайнимъ положительнымъ членомъ, какъ это и соответствуетъ его физическимъ свойствамъ.

29. Аугелитъ.

Этотъ моноклинный минералъ, недавно ¹⁾ подвергшійся подробному кристаллографическому изслѣдованію, представляетъ въ своемъ комплексѣ большую близость съ вагнеритомъ, дигидритомъ, аделитомъ, саркинитомъ, но ближе всего стоитъ къ триплодиту. Въ немъ наблюдалось много формъ, но однѣ изъ нихъ опредѣлены съ полною достовѣрностью, другія остаются подъ сомнѣніемъ.

Если мы воспользуемся только первыми изъ нихъ и примѣнимъ тѣ же уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + p_3 : p_3 : -p_1$$

то составимъ слѣдующую табличку:

1) Mineral. Mag. and Journ. of the Min. Soc. № 49, 1895, стр. 16—23.

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	<i>D</i>	021 $\bar{1}$	101	<i>D</i>
—	0110	001	<i>H</i>	—	1110	011	<i>D</i>
—	010 $\bar{1}$	100	<i>H</i>	<i>O</i>	1121	$\bar{1}$ 12	<i>C</i>
—	0011	$\bar{1}$ 01	<i>D</i>	<i>C</i>	1321	112	<i>C</i>
<i>D</i>	1101	110	<i>D</i>				

Отсюда видно, что новая установка представляет преимущество; всѣ другія формы, оставленные подъ нѣкоторымъ сомнѣніемъ, какъ (221), (310), (223), (225), (334), (530), (665) и въ новой установкѣ не получаютъ болѣе сложныхъ символовъ, и потому въ результатахъ сопоставленія не играютъ роли.

Но кромѣ непосредственнаго преимущества мы имѣемъ и то общее, что величина ассиметріи весьма сокращается; а именно при прежней установкѣ уголъ между горизонтальною плоскостью и (001) $22^{\circ} 26'$; при новой установкѣ уголъ между тою же плоскостью и (0121) всего 13 минутъ, и слѣдовательно минералъ является псевдоромбическимъ въ самомъ узкомъ значеніи слова.

30. Крауритъ.

Прежняя, кубическая, установка этого ромбического минерала должна считаться правильною.

Этотъ минералъ представляетъ высокій интересъ, какъ крайній отрицательный членъ ряда минераловъ кубическаго типа. Это положеніе его кристаллическаго комплекса находится въ полномъ соотвѣтствіи съ его обликомъ, какъ минерала, весьма легко образующаго тонколучистые агрегаты.

31. Лазулитъ.

Если примемъ за уравненія преобразования

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_2 : p_1 + p_3 : 2p_1 : p_1 - p_3$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	<i>D</i>	110 $\bar{1}$	012	<i>A</i>
—	010 $\bar{1}$	001	<i>H</i>	<i>O</i>	121 $\bar{1}$	113	<i>A\gamma</i>
—	0110	101	<i>D</i>	—	11 $\bar{1}$ 2	$\bar{1}$ 13	<i>A\gamma</i>
—	0011	$\bar{1}$ 01	<i>D</i>	<i>A</i>	210 $\bar{1}$	011	<i>D</i>
<i>D</i>	0121	100	<i>H</i>	—	1220	212	<i>B</i>
—	021 $\bar{1}$	103	<i>Aa</i>	<i>B</i>	232 $\bar{1}$	112	<i>C</i>
—	1110	111	<i>O</i>	<i>C</i>	2121	110	<i>D</i>
—	10 $\bar{1}$ 1	$\bar{1}$ 11	<i>O</i>	<i>CB</i>	4341	221	<i>B</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

НОВОЙ	$H(4)$	$A(2)$	CB	старой	$H(3)$	A	Aa
	$D(5)$	B			$D(4)$	$B(2)$	$A\gamma(2)$
	$O(2)$	C			$O(2)$	C	
	11	4	1		16	9	4

При этой установкѣ уголъ между гранями c (010 $\bar{1}$) и (0011) 60° 47'.

32. Ателеститъ.

Прежняя, кубическая, установка этого моноклиннаго минерала можетъ считаться правильною, хотя и требуетъ подтвержденія.

33. Аллактитъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + p_3 : 2p_3 : -p_1 + p_3$$

составимъ слѣдующую табличку:

H	1000	010	H	Aa	130 $\bar{3}$	310	Aa
—	010 $\bar{1}$	100	H	$A\alpha$	230 $\bar{3}$	320	$A\alpha$
—	0110	101	D	$Aa\alpha$	430 $\bar{3}$	340	$Aa\alpha$
—	0011	$\bar{1}01$	D	Aa^3	510 $\bar{1}$	150	Aa^3
D	110 $\bar{1}$	110	D	$Aa^2\alpha$	5440 (1110?)	252	$A\alpha\gamma$
A	1201	210	A	Aa^6	098 $\bar{1}$	504	$Aa^2\alpha$
—	1220	111	O	Aa^7	190 $\bar{9}$	910	Aa^7
—	2110	141	$Aa\gamma$				

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	$H(4)$ D	$A(3)$	Aa $A\alpha$	$Aa\alpha$	Aa^3 $Aa^2\alpha$	Aa^6	Aa^7	
	5	3	2	1	2	1	1	15
старой	$H(2)$ $D(3)$ O	A	Aa $A\alpha$	$Aa\alpha$ $Aa\gamma$ $A\alpha\gamma$	Aa^3 $Aa^2\alpha$	Aa^7		
	6	1	2	3	2	1		15

Въ пользу новой установки говоритъ еще то обстоятельство, что при ней появляется форма (5440), близкая къ неконстатированной (1110), но еще въ большей мѣрѣ то, что при ней именно уголъ между (010 $\bar{1}$) и (0110) 57° 4'.

34. Синадельфитъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія этого ромбическаго минерала кубическаго типа

$$p_1' : p_2' : p_3' = p_1 + p_2 : p_1 - p_2 : p_3$$

составимъ слѣдующую таблицку:

<i>H</i>	001	001	<i>H</i>	<i>O</i>	111	101	<i>D</i>
<i>D</i>	101	112	<i>C</i>	<i>Aa</i>	334	034	<i>Aaα</i>
<i>O</i>	111	011	<i>D</i>	<i>Aa^4γ</i>	717	347	<i>AabC</i>

Отсюда усматриваемъ, что при новой установкѣ число формъ I періода увеличилось на 1-цу. Какъ на косвенное преимущество новой установки можно указать на то, что при прежней установкѣ этотъ минераль былъ бы рѣзко положительнымъ, чего нѣтъ при новой установкѣ и съ чѣмъ вовсе не гармонируютъ его физическія свойства.

Однако къ этой установкѣ приходится отнестись съ особою осторожностью, такъ какъ это была бы единственная въ своемъ родѣ установка ромбическаго минерала. Поэтому слѣдуетъ ждать дальнѣйшихъ наблюденій, которыя рѣшили бы этотъ вопросъ болѣе положительно.

35. Флинкитъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_2 : p_1 + p_3 : 2p_1 : p_1 - p_3$$

составимъ слѣдующую таблицку:

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	<i>A</i>	1202	014	<i>Aa^2</i>
—	0101	001	<i>H</i>	<i>C</i>	2121	110	<i>D</i>
—	0110	101	<i>D</i>	<i>Aa^3</i>	1505	0.1.10	<i>Aa^8</i>
<i>D</i>	1110	111	<i>O</i>	<i>Aaα^2</i>	4707	027	<i>Aαα^2</i>

Отсюда усматриваемъ, что при новой установкѣ число формъ I періода уменьшилось на 1-цу, а число формъ II періода увеличилось на 1-цу и кромѣ того весьма понизился періодъ формы (0.1.10).

Однако, главное преимущество новой установки то, что именно при ней уголь (0101) и (0110) 60° 47'. При этой установкѣ ромбическій минераль является почти крайнимъ положительнымъ членомъ класса, что вполне гармонируетъ съ его физическими свойствами.

36. Лаксманнитъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія:

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + p_3 : p_3 : -p_1$$

составимъ слѣдующую таблицку:

<i>H</i>	0110	001	<i>H</i>	<i>D</i>	1101	110	<i>D</i>
—	0101	100	<i>H</i>	—	0211	101	<i>D</i>
—	0011	101	<i>H</i>	—	1110	011	<i>D</i>

<i>D</i>	0112	$\bar{2}01$	<i>A</i>	<i>Aa</i>	130 $\bar{3}$	310	<i>Aa</i>
<i>A</i>	120 $\bar{2}$	210	<i>A</i>	<i>Aa</i>	052 $\bar{3}$	302	<i>Aa</i>
—	0123	$\bar{3}02$	<i>Aa</i>	<i>Aa</i> ⁶	180 $\bar{8}$	810	<i>Aa</i> ⁶
<i>B</i>	2231	$\bar{1}23$	\mathfrak{A}				

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (3) <i>D</i> (4)	<i>A</i> (2) <i>B</i>	<i>Aa</i> <i>Aa</i>	<i>Aa</i> ⁶
	7	3	2	1
старой	<i>H</i> (3) <i>D</i> (3)	<i>A</i> (2) \mathfrak{A}	<i>Aa</i> <i>Aa</i> (2)	<i>Aa</i> ⁶
	6	3	3	1

Важное преимущество новой установки состоитъ въ томъ, что именно при ней уголъ между формами *b* (010 $\bar{1}$) и *n* (0011) этого моноклиннаго минерала 57° 37', а также въ значительномъ уменьшеніи ассиметріи комплекса. Въмѣсто величины 20° 10' угла между горизонтальною плоскостью и гранью (001) теперь ассиметрія выражается угломъ 3° 46', то есть разностью между прямымъ угломъ и угломъ между (0011) и (021 $\bar{1}$).

Замѣчательно также, что и усматривается непосредственно изъ общей діаграммы, что при этой установкѣ комплексъ оказывается близкимъ къ ряду другихъ минераловъ этого класса, разсмотрѣнныхъ выше.

37. Струвитъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_1 : p_2 + p_3 : 2p_3 : -p_2 + p_3$$

составимъ слѣдующую табличку, изъ которой, ради сокращенія, мы исключили всѣ формы, гдѣ $p_3 = 0$.

<i>D</i>	0121	001	<i>H</i>	<i>O</i>	1121	101	<i>D</i>
—	0110	011	<i>D</i>	<i>A</i>	1220	111	<i>O</i>
—	021 $\bar{1}$	031	<i>Aa</i>	<i>Aa</i> ³	065 $\bar{1}$	075	<i>Aaaa</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>D</i> (3) <i>O</i>	<i>A</i>	<i>Aa</i> ³	старой	<i>H</i> <i>D</i> (2) <i>O</i>	<i>Aa</i>	<i>Aaaa</i>
	4	1	1		4	0	1

Но еще важнѣе то преимущество новой установки, что именно при ней уголъ между (010 $\bar{1}$) и (0110) 58° 10'.

38. Филловитъ.

Несмотря на крайнюю бѣдность найденныхъ формъ, близость къ гексагональнымъ въ формахъ этого минерала такъ велика, что правильная установка опредѣляется однимъ взглядомъ на діаграмму. Нужно принять за уравненія преобразованія:

$$p'_1 : p'_2 : p'_3 = -p_1 - 3p_2 + 2p_3 : -p_1 + 3p_2 + 2p_3 : 2p_1 + 2p_3.$$

Тогда само собою получается сопоставленіе:

<i>H</i>	001	201	<i>A</i>
—	010	$\bar{1}11$	<i>O</i>
<i>O</i>	111	001	<i>H</i>

При этой установкѣ уголъ (111) и (100) $58^\circ 38'$, а между (111) и (001) $58^\circ 31'$.

39. Дикинсонитъ.

Принявъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + p_3 : p_3 : -p_1$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	<i>A</i>	0231	$\bar{1}03$	<i>Aa</i>
—	0110	001	<i>H</i>	<i>C</i>	$2\bar{1}12$	$\bar{2}21$	<i>B</i>
—	010 $\bar{1}$	100	<i>H</i>	<i>Aa</i>	041 $\bar{3}$	301	<i>Aa</i>
<i>D</i>	1011	$\bar{1}11$	<i>O</i>	<i>Aa</i> ³	5110	051	<i>Aa</i> ³

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (3) <i>D</i>	<i>A</i> <i>C</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i> ³	старой	<i>H</i> (3) <i>O</i>	<i>B</i>	<i>Aa</i> (2)	<i>Aa</i> ³
	4	2	1	1		4	1	2	1

Главное преимущество новой установки то, что именно при ней уголъ между *a* (010 $\bar{1}$) и *c* (0110) $61^\circ 30'$, а также то, что величина ассиметріи теперь будетъ не уголъ $28^\circ 30'$ между горизонтальною плоскостью и гранью *c* (001), а уголъ около $6\frac{1}{2}$ градусовъ, между тою же плоскостью и гранью (0121).

По недостаточности въ развитіи комплекса, мы не нанесли этого минерала на общую діаграмму.

40. Ферфильдитъ.

Прежнюю, кубическую, установку этого триклиннаго минерала слѣдуетъ считать правильною. Она не только сводитъ къ минимуму величину ассиметріи, но и превосходно со-

гласуется со столь рѣзко выраженными физическими свойствами этого минерала, а именно его пластинчатости въ плоскости въ (010) и въ высшей степени совершенною спайностью по этой грани. Если принять во вниманіе, что уголъ между a (100) и m (110) $16^\circ 31'$, то увидимъ, что этотъ минералъ представляетъ крайній положительный членъ кристалловъ кубическаго типа, уступая въ этомъ отношеніи только урановымъ слюдкамъ.

41. Розелить.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_1 : 2p_2 + p_3 : 2p_3 : -2p_2 + p_3$$

и обратимъ вниманіе на то, что при $p_3 = 0$ зональные символы при обѣихъ установкахъ станутъ одинаковыми, почему многочисленныя грани этого пояса могутъ быть выпущенными безъ ущерба для результатовъ, составимъ слѣдующую сокращенную табличку:

H	1000	100	H	B	1242	104	Aa^2
—	0110	012	A	—	$\bar{1}242$	$\bar{1}04$	Aa^2
—	0011	0 $\bar{1}2$	A	$A\gamma$	1341	114	$Aa\gamma$
D	1110	212	B	—	$\bar{1}341$	$\bar{1}14$	$Aa\gamma$
—	$\bar{1}110$	$\bar{2}12$	B	Aa^2	4011	$\bar{8}\bar{1}2$	$Aa^3\gamma A$
—	$\bar{1}011$	$\bar{2}\bar{1}2$	B	—	$\bar{4}011$	$\bar{8}12$	$Aa^3\gamma A$
—	1011	2 $\bar{1}2$	B	$Aa^3\gamma$	676 $\bar{1}$	323	$A\beta$
A	$\bar{1}022$	$\bar{1}\bar{1}2$	C	—	6 $\bar{1}67$	3 $\bar{2}3$	$A\beta$
—	$\bar{1}220$	$\bar{1}12$	C	—	$\bar{6}\bar{1}67$	$\bar{3}\bar{2}3$	$A\beta$

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	$H(3)$ $D(4)$	$A(2)$ $B(2)$	$A\gamma(2)$	$Aa^2(2)$	$Aa^3\gamma(3)$	
	7	4	2	2	3	18
старой	H	$A(2)$ $B(4)$ $C(2)$	$A\beta(3)$	$Aa^2(2)$ $Aa\gamma(2)$	$Aa^3\gamma A(2)$	
	1	8	3	4	2	18

При новой установкѣ этого триклиннаго минерала уголъ между гранью b (010 $\bar{1}$) и m (0110) $65^\circ 0'$.

42. Реддингитъ.

Прежняя, кубическая, установка этого ромбическаго минерала должна считаться правильной.

43. Гопеитъ.

Прежняя, кубическая, установка этого ромбического минерала должна считаться правильною; она хорошо согласуется и съ его физическими свойствами довольно рѣзко положительнаго минерала.

44. Вивіанитъ.

Прежняя, кубическая, установка этого моноклиннаго минерала должна считаться правильною.

45. Скородитъ. 46. Стренгитъ.

Прежняя, кубическая, установка этихъ столь близкихъ другъ къ другу ромбическихъ минераловъ должна быть признана правильною.

47. Стеркоритъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_3 : p_1 + p_2 : 2p_2 : -p_1 + p_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>D</i>	1110	112	<i>C</i>
—	010 $\bar{1}$	100	<i>H</i>	—	1011	$\bar{1}12$	<i>C</i>
—	0110	110	<i>D</i>	<i>O</i>	1121	101	<i>D</i>
<i>D</i>	021 $\bar{1}$	310	<i>Aa</i>	<i>A</i>	120 $\bar{2}$	201	<i>A</i>
—	1 $\bar{1}$ 01	$\bar{1}$ 01	<i>D</i>	—	1 $\bar{2}$ 02	$\bar{2}$ 01	<i>A</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (3)	<i>A</i> (2)	старой	<i>H</i> (2)	<i>A</i> (2)	<i>Aa</i>
	<i>D</i> (4)			<i>D</i> (3)	<i>C</i> (2)	
	<i>O</i>					
	<hr/>			<hr/>		
	8	2	10	5	4	1 10

При новой установкѣ этого моноклиннаго минерала уголъ между (0110) и (010 $\bar{1}$) 70° 38'.

48. Ганнайитъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 3p_1 - p_2 : 2p_2 : 2p_3 : 2p_3 - 2p_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	100	<i>H</i>	<i>D</i>	110 $\bar{1}$	110	<i>D</i>
—	0011	001	<i>H</i>	—	0 $\bar{1}$ 12	$\bar{1}$ 33	<i>Ab</i>
—	010 $\bar{1}$	130	<i>Aa</i>	<i>A</i>	2 $\bar{1}$ 01	1 $\bar{1}$ 0	<i>D</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (3)	<i>A</i>		старой	<i>H</i> (2)	<i>Aa</i>	
	<i>D</i> (2)				<i>D</i> (2)	<i>Bb</i>	
	5	1	6		4	0	2 6

Значеніе новой установки еще станетъ яснѣе, если замѣтимъ, что величина ассимметріи этого триклиннаго минерала значительно уменьшится и кромѣ того уголъ между гранями *l* (010 $\bar{1}$) и *c* (0011) станетъ близкимъ къ 60° (ок. 65°).

49. Фармаколитъ. 50. Брушитъ.

Эти два моноклинныхъ минерала такъ близки по своимъ комплексамъ, что ихъ слѣдуетъ разсматривать совмѣстно. Примѣнивъ къ нимъ уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 3p_2 : p_1 + 3p_3 : 2p_1 : p_1 - 3p_3$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	+	+
—	010 $\bar{1}$	001	<i>H</i>	+	—
—	0011	$\bar{3}$ 01	<i>Aa</i>	—	+
<i>D</i>	110 $\bar{1}$	011	<i>D</i>	+	+
—	10 $\bar{1}$ $\bar{1}$	$\bar{3}$ 21	\mathfrak{A}	+	—
<i>O</i>	1121	310	<i>Aa</i>	+	+
<i>Aa</i>	3220	331	<i>Ab</i>	+	—
<i>Ac</i>	322 $\bar{4}$	$\bar{1}$ 11	<i>O</i>	+	—
<i>A\gamma</i>	3121	110	<i>D</i>	+	—

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (4)	<i>Aa</i>	старой	<i>H</i> (3)	\mathfrak{A}	<i>Aa</i> (3)	
	<i>D</i> (3)	<i>Ac</i>		<i>D</i> (3)		<i>Ab</i>	
	<i>O</i> (2)	<i>A\gamma</i>		<i>O</i>			
	9	0	3	12	7	1	4 12

При новой установкѣ уголъ между (010 $\bar{1}$) и (0110) въ этихъ минералахъ близокъ къ 55 $\frac{1}{2}$ °, а слѣдовательно и къ 60°. Эти минералы вмѣстѣ съ флинкитомъ (не считая ферфильдита) являются крайними положительными въ классѣ, что вполне гармонируетъ съ ихъ свойствами.

51. Ньюберитъ.

Прежняя, кубическая, установка этого ромбического минерала должна считаться правильною.

52. Вапплеритъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія:

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_1 : p_2 + p_3 : 2p_3 : -p_2 + p_3$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	100	<i>H</i>	<i>O</i>	121 $\bar{1}$	131	<i>A</i> γ
—	010 $\bar{1}$	010	<i>H</i>	<i>A</i>	210 $\bar{1}$	110	<i>D</i>
—	0110	011	<i>D</i>	—	120 $\bar{2}$	140	<i>Aa</i> ²
<i>D</i>	110 $\bar{1}$	120	<i>A</i>	—	2110	211	<i>C</i>
—	021 $\bar{1}$	031	<i>Aa</i>	—	$\bar{2}110$	$\bar{2}11$	<i>C</i>
—	1110	111	<i>O</i>	<i>C</i>	131 $\bar{2}$	151	<i>Aa</i> ² γ
—	$\bar{1}110$	$\bar{1}11$	<i>O</i>	<i>A</i> γ	141 $\bar{3}$	171	<i>Aa</i> ⁴ γ

Отсюда сопоставленіе установокъ:

	новой	<i>H</i> (3)	<i>A</i> (4)	<i>A</i> γ			
		<i>D</i> (4)	<i>C</i>				
		<i>O</i>					
		8	5	1	14		
старой		<i>H</i> (2)	<i>A</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i> ²	<i>Aa</i> ² γ	<i>Aa</i> ⁴ γ
		<i>D</i> (2)	<i>C</i> (2)	<i>A</i> γ			
		<i>O</i> (2)					
		6	3	2	1	1	1 14

И здѣсь новая установка превосходно согласуется съ физическими свойствами. Этотъ минералъ тоже является крайнимъ членомъ своего рода, а именно онъ крайній положительный членъ между кристаллами гипогексагональнаго типа, при чемъ сильная вытянутость комплекса соотвѣтствуетъ не главной, гипогексагональной, оси, а направленію къ ней перпендикулярному (010) при старой (010 $\bar{1}$) при новой установкѣ. По соотвѣтствующей грани и проявляется ясная спайность и грубая пластинчатость. Съ этимъ обстоятельствомъ связано то, что уголъ между (010 $\bar{1}$) и (0110) 75° 6'.

Хотя онъ относится и къ триклиннымъ кристалламъ, но стоитъ такъ близко къ моноклиннымъ, что графически можетъ быть отнесенъ къ послѣднимъ, что и сдѣлано на общей діаграммѣ.

53. Гуреаулитъ.

Если примемъ за уравненія преобразования

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_3 : p_1 + p_2 + p_3 : 2p_2 : -p_1 + p_2 - p_3$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	$\frac{3}{4}$	$\bar{1}01$	2	<i>D</i>	<i>A</i>	2011	4	$\bar{3}12$	14	\mathfrak{A}
—	010 $\bar{1}$	1	100	1	<i>H</i>	<i>B</i>	231 $\bar{2}$	10	312	14	\mathfrak{A}
—	0110	1	110	2	<i>D</i>	<i>C</i>	132 $\bar{1}$	7	321	14	\mathfrak{A}
<i>D</i>	0121	3	010	1	<i>H</i>	<i>Aa</i>	3011	6	$\bar{4}13$	26	<i>CB</i>
—	1110	1	011	2	<i>D</i>	<i>CB</i>	443 $\bar{1}$	25	134	26	<i>CB</i>
—	110 $\bar{1}$	1	101	2	<i>D</i>	<i>Aa^2\alpha</i>	450 $\bar{5}$	37	302	13	<i>A\alpha</i>
<i>O</i>	121 $\bar{1}$	3	211	6	<i>C</i>						

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (3)	<i>A</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa^2\alpha</i>	старой	<i>H</i> (2)	<i>C</i>	<i>A\alpha</i>
	<i>D</i> (3)	<i>B</i>	<i>CB</i>			<i>D</i> (4)	\mathfrak{A} (3)	<i>CB</i> (2)
	<i>O</i>	<i>C</i>						
	7	3	2	1	13	6	4	3 13

Преимущества новой установки непосредственно ясны. Не говоря уже объ увеличеніи числа формъ I періода, мы главное вниманіе обратимъ на совершенно аномальный составъ формъ II періода при старой установкѣ; при новой же онъ дѣлается вполне нормальнымъ, и вовсе не содержитъ относительно рѣдкой формы \mathfrak{A} .

Преимущества новой установки станутъ еще очевиднѣе, если обратимъ вниманіе на то, что именно при ней уголъ между (010 $\bar{1}$) и (0110) $62^\circ 21'$, а главное, что при ней же уменьшается величина ассиметріи:

Вмѣсто угла $23^\circ 38'$ между горизонтальною плоскостью и гранью (001) теперь мѣрою ассиметріи будетъ уголъ между той же плоскостью и гранью (1000), то есть всего $6^\circ 0'$.

Еще рѣзче обозначатся преимущества новой установки при примѣненіи новаго критерія. Составится табличка:

		+	+	—	0	+	+	+	+	+	+	0	+	—
Гипогексагонал. устан.	1	3	5	5	6	7	8	9	10	11	11	11	12	12 13
	1	2	2	—	1	1	1	1	1	1	—	—	1	— 1
Параметры	$\frac{3}{4}$	1	1	2	3	3	4	6	7	10	13	14	25	26 37
(приведены въ первой	—	2	—	4	—	—	—	1	—	—	1	3	—	2 —
табличкѣ)		2	2	6	6	6	6	7	7	7	8	11	11	13 13
Кубическая установка		—	—	+	0	—	—	—	—	—	—	0	—	+

54. Лудламитъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_3 : p_1 + p_2 : 2p_2 : -p_1 + p_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	$\frac{3}{4}$	001	1	<i>H</i>	<i>D</i>	1110	1	111	3	<i>O</i>
—	010 $\bar{1}$	1	100	1	<i>H</i>	—	1011	1	$\bar{1}11$	3	<i>O</i>
—	0110	1	110	2	<i>D</i>	<i>A</i>	2 $\bar{1}$ 01	4	$\bar{1}$ 01	2	<i>D</i>
<i>D</i>	110 $\bar{1}$	1	201	5	<i>A</i>	—	2110	4	112	6	<i>C</i>
—	1 $\bar{1}$ 01	1	$\bar{2}$ 01	5	<i>A</i>	<i>C</i>	2121	6	011	2	<i>D</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новый	$H(3)$	$A(2)$	старой	$H(2)$	$A(2)$	
	$D(4)$	C		$D(3)$	C	
				$O(2)$		
	7	3	10	7	3	10

Изъ этого сопоставленія не видно никакого преимущества новой установки. Но оно станетъ яснымъ, если замѣтимъ, что 1) при этой установкѣ уголъ между (010 $\bar{1}$) и (0110) $65^\circ 42'$, и главное 2), что только при ней получается соотвѣтствіе съ физическими свойствами и становится понятною высокаго совершенства спайность по *c* (1000) и даже по *a* (010 $\bar{1}$). Именно при новой установкѣ этотъ кристаллъ является рѣзко положительнымъ, такъ какъ уголъ между *c* (1000) и *k* (1 $\bar{1}$ 01) $68^\circ 36'$ (вмѣсто $49^\circ 6'$ въ гексагонально-изотронныхъ). Оно проавляется также при примѣненіи новаго критерія. Составимъ табличку:

Гипогексагон. установка.	1	3	7	7	7	9	9	10
Параметры	$\frac{3}{4}$	1	1	2	3	4	5	6
Кубич. установка.		2	—	3	2	—	2	1
		2	2	5	7	7	9	10
		—	—	—	0	—	0	

55. Ейхронитъ.

Прежняя, кубическая, установка этого ромбического минерала должна считаться правильною.

56. Халькофиллитъ (мѣдная слюдка).

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q'_0 : q'_1 : q'_2 : q'_3 = 2q_4 : q_1 + q_2 : q_1 - q_2 : -2q_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	$\frac{3}{4}$	0001	$\frac{3}{4}$	<i>H</i>	<i>A</i>	210 $\bar{1}$	4	11 $\bar{2}$ 2	6	<i>C</i>
—	010 $\bar{1}$	1	11 $\bar{2}$ 0	3	<i>D</i>	—	2 $\bar{1}$ 01	4	$\bar{1}\bar{1}$ 22	6	<i>C</i>
<i>D</i>	110 $\bar{1}$	1	1121	3	<i>O</i>	—	120 $\bar{2}$	4	22 $\bar{4}$ 1	12	<i>B</i>
						<i>Aa</i>	3 $\bar{1}$ 01	6	$\bar{1}\bar{1}$ 23	9	<i>A\gamma</i>
						<i>Aa^4</i>	610 $\bar{1}$	28	11 $\bar{2}$ 6	30	<i>Aa^3\gamma</i>

Эта табличка показываетъ намъ, что при новой установкѣ періоды формъ остаются тѣ же, что и при прежней, но формы, рѣже встрѣчающіяся, замѣняются формами самыми частыми; въ этомъ едва ли заключается меньшее преимущество, чѣмъ въ пониженіи періодовъ. Но только при новой установкѣ становится понятнымъ, почему этотъ минералъ проявляетъ свойства крайняго положительнаго миперала (наравнѣ или чуть-чуть рѣзче чѣмъ у Флинкита, брушита и сходныхъ минераловъ): при новой установкѣ уголъ между (1000) и (110 $\bar{1}$) 71° 16'. Слюдообразность этого минерала выражается уже въ его названіи.

Опять преимущества становятся яснѣе при примѣненіи новаго критерія. Получается табличка:

	0	+	+	+	0	+	+	+	+	0	+	
Новая установка	1	2	3	3	3	5	6	7	7	7	8	8
	1	1	1	—	—	2	1	1	—	—	1	—
Параметры	$\frac{3}{4}$	1	1	3	3	4	4	6	9	12	28	30
		1	—	1	1	—	—	2	1	1	—	1
Старая установка		1	1	2	3	3	3	5	6	7	7	8
		—	—	—	0	—	—	—	—	0	—	

57. Весцелитъ.

Если примемъ за уравненія преобразования

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_3 : p_1 + p_2 : 2p_1 : p_1 - p_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	$\frac{3}{4}$	001	1	<i>H</i>	<i>D</i>	0121	3	100	1	<i>H</i>
—	0110	1	110	2	<i>D</i>	—	110 $\bar{1}$	1	011	2	<i>D</i>
—	0011	1	1 $\bar{1}$ 0	2	<i>D</i>	—	1 $\bar{1}$ 01	1	0 $\bar{1}$ 1	2	<i>D</i>
—	010 $\bar{1}$	1	010	1	<i>H</i>	<i>B</i>	1 $\bar{2}$ 4 $\bar{2}$	12	201	5	<i>A</i>
						<i>C</i>	11 $\bar{2}$ 3	7	$\bar{1}$ 21	6	<i>C</i>

Разсматривая эту табличку, не замѣтимъ особаго преимущества этой установки, рѣшаемой однимъ взглядомъ на діаграмму формъ этого триклиннаго минерала. Но преимущество станетъ яснымъ, если замѣтимъ, что при новой установкѣ уголъ между *b* (010 $\bar{1}$) и *e* (0110) 55° 1', то есть приближается къ 60°.

При примѣненіи новаго критерія составимъ табличку:

		+	+	—	0	—	—	—	
Гипогексагональная установка	1	4	6	6	7	7	7	8	9
Параметры	$\frac{3}{4}$	1	1	2	3	5	6	7	12
Кубическая установка		3	—	4	—	1	1	—	—
		3	3	7	7	8	9	9	9
		—	—	+	0	+	+	+	

Сейчасъ мы не имѣемъ положительныхъ данныхъ, какая изъ этихъ установокъ соотвѣтствуетъ дѣйствительному расположенію частицъ минерала, а потому вопросъ объ установкѣ этого минерала оставимъ открытымъ.

58. Вавеллитъ.

Прежняя, кубическая, установка этого ромбического минерала должна считаться правильною.

59. Мазапилитъ.

Прежняя, кубическая, установка этого ромбического минерала можетъ считаться правильною, но требуетъ подтвержденія. При ней онъ приближается къ псевдокубическимъ минераламъ, какъ это прямо усматривается изъ общей діаграммы.

60. Эосфоритъ. 61. Чилдренитъ.

Прежняя, кубическая, установка этихъ ромбическихъ, очень близкихъ другъ къ другу, минераловъ можетъ считаться правильною, хотя и требуетъ подтвержденія.

62. Халькосидеритъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_1 : p_2 + p_3 : 2p_3 : -p_2 + p_3$$

и замѣтимъ, что при $p_3 = 0$ зональные символы старой и новой установокъ не различаются, получимъ для новой установки различіе только въ символахъ двухъ формъ: вмѣсто (011) (0110) и вмѣсто (0 $\bar{1}$ 1) (0011).

Очевидно, что это различіе ничего намъ не говоритъ о преимуществахъ новой установки. Но именно при ней уголъ между a (010 $\bar{1}$) и b (0011) $60^\circ 29'$. Какъ триклинный минералъ (богато развитъ только одинъ поясъ), мы не наносимъ на общую діаграмму.

63. Аутунитъ (урановая слюдка).

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$p_1' : p_2' : p_3' = p_1 + p_3 : p_2 : -p_1 + p_3$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	010	010	<i>H</i>	<i>D</i>	110	121	<i>C</i>
—	100	101	<i>D</i>	—	011	$\bar{1}21$	<i>C</i>
<i>D</i>	101	001	<i>H</i>	<i>O</i>	11 $\bar{1}$	110	<i>D</i>
—	10 $\bar{1}$	100	<i>H</i>	—	111	011	<i>D</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новый	<i>H</i> (2)	старой	<i>H</i> (3)	<i>C</i> (2)
	<i>D</i> (4)		<i>D</i> (3)	
	<i>O</i> (2)			
<hr/>		<hr/>		
	8		6	2 8

Преимущества новой установки этого моноклиннаго минерала выражаются очень рѣзко. вмѣстѣ съ тѣмъ новая установка вполне согласуется съ физическими свойствами этого минерала, имѣющаго рѣзко выраженный пластинчатый обликъ и высокой степени совершенства спайность по (010).

64. Торбернитъ (мѣдная урановая слюдка).

Этотъ тетрагональный минералъ оказывается изоморфнымъ съ предыдущимъ; но для этого нужно принять за уравненія преобразованія

$$p_1' : p_2' : p_3' = p_1 - p_2 : p_1 + p_2 : 2p_3$$

тогда составитъ слѣдующая табличка:

<i>H</i>	001	001	<i>H</i>	<i>Aα</i>	032	332	<i>Aβ</i>
—	010	110	<i>D</i>	<i>Ac</i>	$\bar{2}23$	043	<i>Aαα</i>
<i>D</i>	$\bar{1}10$	010	<i>H</i>	<i>Aγ</i>	$\bar{1}13$	023	<i>Aα</i>
—	011	111	<i>O</i>	<i>Aaγ</i>	$\bar{1}14$	012	<i>A</i>
<i>O</i>	$\bar{1}11$	021	<i>A</i>	<i>Aa²γ</i>	$\bar{1}15$	025	<i>Aαα</i>
<i>A</i>	011	112	<i>C</i>	<i>Aααγ</i>	$\bar{3}37$	067	<i>Aα⁴α</i>
<i>C</i>	$\bar{1}12$	011	<i>D</i>	<i>Aααγ</i>	$\bar{2}27$	047	<i>Aαα²</i>
				<i>Aαααγ</i>	$\bar{3}310$	035	<i>Aα³</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	$H(2)$ $D(2)$ O	A C	$A\alpha$ $A\epsilon$ $A\gamma$	$Aa\gamma$	$Aa^2\gamma$ $Aa\alpha\gamma$ $A\alpha a\gamma$	$Aa\alpha a\gamma$	
	5	2	3	1	3	1	15
старой	$H(2)$ $D(2)$ O	A C	$A\alpha(2)$ $A\beta$	$Aa\alpha$ $A\alpha a$ $A\alpha^2$	$Aa\alpha^2$	$Aa^4\alpha$	
	5	3	2	3	1	1	15

Если бы по предыдущему случаю не выражались съ рѣзкостью преимущества новой установки, то въ этомъ случаѣ вопросъ оказался бы въ настоящее время неразрѣшимымъ.

65. Ураноспинитъ.

Если принять за уравненія преобразованія

$$p_1' : p_2' : p_3' = p_1 - p_2 : p_1 + p_2 : p_3$$

составимъ слѣдующую табличку:

H	001	001	H	B	221	201	A
O	$\bar{1}11$	011	D	$Aa^2\gamma$	115	105	Aa^3
—	111	101	D				

Мы видимъ изъ этой таблички, что обѣ установки этого ромбическаго псевдотетрагональнаго минерала представляются равноправными¹⁾. При новой установкѣ отношеніе комплекса этого минерала къ предыдущимъ представляется проще, и можетъ быть выражено словами: вертикальная ось вдвое меньше, если не считать измѣненіе сингоніи изъ тетрагональной и моноклинной въ ромбическую, измѣненіе, связанное съ самыми незначительными измѣненіями въ углахъ.

Принявъ эту установку, мы получимъ второй случай особой установки ромбическаго минерала, но на этотъ разъ комплексъ не отличается отъ тетрагональнаго.

Во всякомъ случаѣ новая установка (такъ же какъ и старая, если бы она оказалась правильною) требуетъ подтвержденія.

66. Сванбергитъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$p_1' : p_2' : p_3' = -q_1 - q_2 + 2q_4 : q_1 + 2q_4 : q_2 + 2q_4$$

1) При примѣненіи новаго критерія новая установка даже хуже.

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	$\bar{1}00$	$\bar{2}\bar{2}41$	<i>B</i>	<i>O</i>	111	0001	<i>H</i>
<i>D</i>	011	11 $\bar{2}1$	<i>O</i>	—	$\bar{1}11$	44 $\bar{8}1$	<i>Aa\gamma</i>
				<i>Aa^5c</i>	$\bar{8}77$	55 $\bar{1}01$	<i>Aa^2\gamma</i>

Этотъ результатъ очень хорошо гармонируетъ съ рѣзко выраженными физическими свойствами этого сильно положительнаго гексагональнаго минерала. Въ немъ наблюдается именно вполнѣ совершенная спайность по (111), а съ другой стороны уголъ между (111) и (100) $70^\circ 42'$.

67. Бедантитъ.

Комплексъ этого гексагональнаго минерала представляется почти точно изоморфнымъ съ предыдущимъ; также въ общемъ весьма близко совпадаютъ и главныя физическія свойства минерала.

Примѣнивъ тѣ же уравненія преобразованія, составимъ табличку:

<i>H</i>	$\bar{1}00$	$\bar{2}\bar{2}41$	<i>B</i>	<i>Aa\gamma</i>	411	$\bar{1}121$	<i>O</i>
<i>D</i>	011	1121	<i>O</i>	<i>Aa^2\gamma</i>	5 $\bar{1}\bar{1}$	$\bar{4}41$	<i>Aab</i>
<i>O</i>	111	0001	<i>H</i>	<i>Aa^5\gamma</i>	$\bar{8}77$	5.5.10.1	<i>Aa^2b</i>
<i>Aa\gamma</i>	4 $\bar{1}\bar{1}$	5.5.10.1	<i>Aa^2b</i>	<i>Aa^{11}\gamma</i>	14. $\bar{1}.\bar{1}$	5.5.10.2	<i>Aab</i>

Мы видимъ, что при обѣихъ установкахъ получаются очень сложные символы, что и возбуждаетъ сомнѣнія въ точности ихъ опредѣленія. Однако именно при новой установкѣ формы въ наибольшей мѣрѣ приближаются къ формамъ низшихъ періодовъ, а именно ясно, что (14. $\bar{1}.\bar{1}$) есть форма вицинальная по отношенію къ (100), а форма ($\bar{8}77$) очень близка къ отсутствующей главной формѣ ($\bar{1}11$).

Какъ упомянуто, при новой установкѣ минераль изоморфенъ съ предыдущимъ.

IX-й КЛАССЪ.

Силикаты.

Къ этому классу относятся слѣдующіе минералы кубической сингоніи: *шунитъ*, *гельвинъ*, *даналитъ*, *эйлитинъ*, *гроссуляръ*, *гессонитъ*, *апломъ*, *топазомитъ*, *меланитъ*, *уваровитъ*, *спессартинъ*, *алмадинъ*, *пиропъ*, *содалитъ*, *нозеанъ*, *гаюинъ*, *лазуритъ*, *перовскитъ*, *лейцитъ*, *поллукъ*, *анальцимъ*, *фоязитъ*.

1. Ставролитъ.

Прежняя, кубическая, установка этого ромбическаго псевдотетрагональнаго минерала должна считаться правильною.

2. Галмей.

Тоже.

3. Андалузитъ.

Прежняя, кубическая, установка этого ромбического псевдотетрагонального минерала должна считаться правильною. Какъ усматриваемъ изъ общей діаграммы, при этой установкѣ комплексъ этого минерала почти точно совпадаетъ съ комплексомъ ставролита.

4. Дистенъ.

Прежняя, кубическая, установка этого триклинного минерала должна считаться правильною.

5. Датолитъ. 6. Эвклазъ. 7. Гадолинитъ.

Прежняя, кубическая, установка этихъ въ химическомъ отношеніи довольно близкихъ между собою моноклинныхъ минераловъ должна считаться правильною. Но въ геометрическомъ отношеніи между ними проявляются большія различія, которыя, впрочемъ, сводятся къ различіямъ величины одной кристаллографической оси, такъ какъ пояса граней, имѣющіе эту ось, въ геометрическомъ отношеніи очень близки другъ къ другу.

Изъ этихъ минераловъ ближайшее отношеніе другъ къ другу имѣютъ датолитъ и эвклазъ. У перваго ось почти ровно вдвое короче, чѣмъ у второго. Это рѣзко отражается на геометрическомъ характерѣ комплекса, а также на физическихъ свойствахъ, такъ какъ по этой причинѣ эвклазъ является крайнимъ положительнымъ членомъ въ классѣ; вмѣстѣ съ тѣмъ въ немъ съ особеннымъ совершенствомъ проявляется спайность въ плоскости симметріи. У гадолинита ось еще короче, чѣмъ у датолита, но здѣсь едва ли слѣдуетъ искать рациональности отношенія, а просто видѣть зависимость отъ существенной замѣны однихъ элементовъ частицы другими.

8. Гомилитъ.

Этотъ моноклинный минералъ, въ химическомъ отношеніи стоящій близко къ предыдущимъ, при прежней установкѣ рѣзко отъ нихъ отличался¹⁾. Но ближайшее изученіе показываетъ, что эта установка неправильна и должна быть замѣнена другою, для полученія которой уравненіями преобразованія будутъ

$$p_1' : p_2' : p_3' = 2p_1 : 2p_2 : p_3$$

1) Собственно Гротъ и раньше устанавливалъ кристаллы этого минерала возможно близко со всѣми тремя предыдущими. Но этотъ ученый не подвергалъ развитіе формъ этихъ минераловъ спеціальному изслѣдованію, а только отмѣчалъ возможность такой близкой установки.

составляемъ табличку:

<i>H</i>	100	1	100	1	<i>H</i>	<i>C</i>	121	6	122	9	<i>B</i>
—	010	1	010	1	<i>H</i>	—	$\overline{11}2$	6	$\overline{11}4$	18	<i>Aa\gamma</i>
—	001	1	001	1	<i>H</i>	<i>A\alpha</i>	032	13	034	25	<i>Aa\alpha</i>
<i>D</i>	110	2	110	2	<i>D</i>	—	023	13	013	10	<i>Aa</i>
—	011	2	012	5	<i>A</i>	<i>Aa^2</i>	041	17	021	5	<i>A</i>
—	101	2	102	5	<i>A</i>	<i>A\alpha b</i>	255	54	2.5.10	129	<i>BCa</i>
<i>O</i>	111	3	112	6	<i>C</i>	<i>CBa</i>	841	81	421	21	<i>CA</i>
<i>A</i>	120	5	120	5	<i>A</i>	—	$\overline{8}41$	81	$\overline{4}21$	21	<i>CA</i>
—	021	5	011	2	<i>D</i>	<i>Aa\alpha^2</i>	047	55	027	53	<i>A\alpha a^2</i>
<i>B</i>	221	9	111	3	<i>O</i>	<i>Aa^3b</i>	166	73	1.6.12	181	<i>Aa\gamma Ba</i>
—	122	9	124	21	<i>CA</i>	<i>Aa^2\alpha a</i>	094	97	098	145	<i>Aa^6\alpha</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (3) <i>D</i> (3) <i>O</i>	<i>A</i> (2) <i>B</i> (2) <i>C</i> (2)	<i>A\alpha</i> (2)	<i>Aa</i> ² <i>A\alpha b</i> <i>CBa</i> (2)	<i>Aa\alpha</i> ²	<i>Aa</i> ^{3b}	<i>Aa</i> ^{2\alpha a}	
	7	6	2	4	1	1	1	22
старой	<i>H</i> (3) <i>D</i> (2) <i>O</i>	<i>A</i> (4) <i>B</i> <i>C</i>	<i>Aa</i> <i>CA</i> (3)	<i>Aa\alpha</i> <i>Aa\gamma</i> <i>BCa</i>	<i>Aa\alpha</i> ²	<i>Aa\gamma Ba</i>	<i>Aa</i> ^{6\alpha}	
	6	6	4	3	2	1	1	22

При этой установкѣ комплексъ минерала становится близкимъ къ комплексу датолита, какъ это видно изъ діаграммы. Въ виду нѣкоторой неопредѣленности въ результатахъ при приложеніи прежняго критерія, позволяю себѣ добавить табличку, выражающую примѣненіе новаго:

	+	+	—	0	+	0	+	+	+	—	—	—	—	—	0	+	+	+	+
новая установка	6	7	9	11	13	13	15	16	16	16	16	16	17	18	19	21	22	22	22
	3	3	1	2	2	—	2	1	—	—	—	—	1	1	1	2	1	—	—
Параметръ	1	2	3	5	6	9	10	13	17	18	21	25	53	54	55	73	81	97	129
	3	2	1	4	1	1	1	—	—	1	3	1	1	—	—	—	—	1	1
старая установка	5	6	10	11	12	13	13	13	14	17	18	19	19	19	19	19	19	20	21
	—	—	+	0	—	0	—	—	—	+	+	+	+	+	+	0	—	—	—

9. Турмалинь.

Прежняя, кубическая, установка этого гексагональнаго минерала должна считаться правильною¹⁾.

1) Специально для этого минерала я имѣю въ виду | ваній г. Воробьева (Zeitschrift für Krystallographie
установку, окончательно выяснившуюся изъ изслѣдо- | 33, 263).

10. Топазъ.

Принявъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_3 : p_1 + p_2 : 2p_1 : p_1 - p_2$$

составимъ слѣдующую таблицку:

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>Aβ</i>	3523̄	143	<i>CB</i>
—	0101̄	010	<i>H</i>	<i>Ac</i>	3422̄	133	<i>Ab</i>
—	0110	110	<i>D</i>	<i>Aγ</i>	3121	103	<i>Aα</i>
<i>D</i>	0121	100	<i>H</i>	—	3211̄	136	<i>αa</i>
—	0211̄	130	<i>Aα</i>	<i>BA</i>	3651̄	576	<i>Aa²γC</i>
—	1110	112	<i>C</i>	<i>B²</i>	5624̄	155	<i>Aa²b</i>
—	1101̄	011	<i>D</i>	<i>BC</i>	3752̄	523	<i>BC</i>
<i>O</i>	1121	101	<i>D</i>	<i>CA</i>	4321̄	124	<i>CA</i>
—	1211̄	132	<i>α</i>	<i>CB</i>	4341	214	<i>CA</i>
<i>A</i>	0321̄	120	<i>A</i>	—	3541̄	233	<i>Aβ</i>
—	0312̄	150	<i>Aa³</i>	<i>C²</i>	3462	313	<i>Ab</i>
—	2101̄	012	<i>A</i>	—	3624̄	153	<i>BA</i>
—	1202̄	021	<i>A</i>	—	3642̄	243	<i>C²</i>
—	2110	114	<i>Aaγ</i>	<i>αa</i>	6341	216	<i>AaγA</i>
—	1220	111	<i>O</i>	<i>Aa²</i>	0541̄	230	<i>Aα</i>
<i>B</i>	1242	201	<i>A</i>	—	1404̄	041	<i>Aa²</i>
—	1422̄	131	<i>Aγ</i>	—	1440	221	<i>B</i>
—	2321̄	122	<i>B</i>	<i>Aαα</i>	0743̄	250	<i>Aαα</i>
—	2312̄	154	<i>AγB</i>	<i>Aab</i>	1844̄	261	<i>AaγA</i>
—	2231	314	<i>CB</i>	<i>Aac</i>	4363̄	304	<i>Aαα</i>
—	2121	102	<i>A</i>	—	3743̄	253	<i>B²</i>
<i>C</i>	1321̄	121	<i>C</i>	<i>Aaγ</i>	4121	104	<i>Aa²</i>
—	1231	312	<i>α</i>	<i>Aαα</i>	5202̄	025	<i>Aαα</i>
—	2211̄	134	<i>CB</i>	<i>Aα²</i>	0583̄	410	<i>Aa²</i>
—	1312̄	152	<i>AγA</i>	—	0853̄	5.11.0	<i>Aa³αα</i>
<i>α</i>	2341	212	<i>B</i>	—	5303̄	035	<i>Aα²</i>
—	1523̄	141	<i>Aaγ</i>	—	3550	556	<i>Aa³c</i>
—	3321̄	123	<i>α</i>	<i>Aαc</i>	5363̄	305	<i>Aα²</i>
—	2413̄	174	<i>AbA</i>	—	3583̄	413	<i>CB</i>
—	2431̄	354	<i>AγC</i>	<i>Aαγ</i>	5242̄	205	<i>Aαα</i>
<i>Aa</i>	0341	210	<i>A</i>	—	5422̄	135	<i>BA</i>
—	3101̄	013	<i>Aa</i>	<i>AβA</i>	5.10.8.2̄	465	<i>AaγC</i>
<i>Aα</i>	0523̄	140	<i>Aa²</i>	<i>AβB</i>	8963̄	368	<i>AβB</i>
—	3202̄	023	<i>Aα</i>	<i>AγB</i>	5514̄	1.9.10	<i>Aa⁵γA</i>
—	2303̄	032	<i>Aα</i>	<i>AγC</i>	4583̄	414	<i>Aab</i>
—	3220	113	<i>Aγ</i>	—	5743̄	255	<i>Aαb</i>
—	2330	334	<i>AaC</i>	<i>BAβ</i>	8.9.14.5	728	<i>AγAb</i>
<i>Ab</i>	3341	213	<i>α</i>	<i>BCα</i>	7.12.10.2̄	577	<i>Aααβ</i>

$CB\alpha$	598 $\bar{1}$	455	$Aa^2\beta$	$A\gamma A\alpha$	1.14.8. $\bar{6}$	4.10.1	$\mathfrak{A}a^3$
CBb	7.11.8. $\bar{3}$	477	$Aa\alpha\beta$	$\mathfrak{A}a\alpha\alpha$	1.26.18. $\bar{8}$	9.17.1	Aa^5b
$CB\gamma$	3.12.4. $\bar{8}$	2.10.3	$Aa^2\gamma A\gamma$	$Aa^3\alpha$	650 $\bar{5}$	056	$Aa^3\alpha$
Aa^3	510 $\bar{1}$	015	Aa^3	—	5660	335	Axc
$Aa^2\alpha$	540 $\bar{4}$	045	$Aa^2\alpha$	$Aa\gamma A\alpha$	7.9.10.1	547	CAc
—	5440	225	$A\alpha\gamma$	Ax^4	5.18.18.0	995	$Aa^2\alpha\beta$
Aa^2b	5561	325	BC	Aa^3cC	11.22.16. $\bar{6}$	8.14.11	$Ax^2\gamma C$
Aa^2c	5484	405	$Aa^3\alpha$	$Aa^3\gamma C$	7.14.8. $\bar{6}$	4.10.7	$AacC$
$Aa^2\gamma$	1561	321	\mathfrak{A}	$Aa^2\gamma Bc$	8.21.14. $\bar{7}$	7.14.8	$Aa^2\gamma Bc$
$Aa\alpha\beta$	7.11.4. $\bar{7}$	297	$Ax\gamma B$	$Aa\alpha^2a^2$	4.15.0. $\bar{15}$	0.15.4	Aax^3a^2
$AabA$	5.9.10.1	545	Aa^2c	$Aa\gamma A\gamma a$	2.19.14. $\bar{5}$	7.12.2	$AxbA$
$Aa\gamma A$	276 $\bar{1}$	342	C^2	$Axa^2\alpha a$	0.23.16. $\bar{7}$	8.15.0	$Aa^5\alpha^2$
$Aa\gamma C$	5.10.4. $\bar{6}$	285	$A\beta A$	$Aa^5\alpha$	780 $\bar{8}$	087	$Aa^5\alpha$
$A\alpha\alpha\alpha$	0.7.12.5	610	Aa^4	Aa^4bB	15.21.14. $\bar{7}$	7.14.15	Aa^4bB
$A\alpha ab$	2.7.14.7	702	$A\alpha\alpha\alpha$	Aa^6b	9.9.10.1	549	$AabC$
$A\alpha a\beta$	7.7.12.5	617	$Aa^2\gamma B$	Aa^8	0.11.10. $\bar{1}$	560	$Aa^3\alpha$
Ax^3a	0.11.8. $\bar{3}$	470	$Aa\alpha^3$	Aa^7c	10.9.18.9	9.0.10	$Aa^7\alpha$
$Ax\gamma A$	4.11.2. $\bar{9}$	1.10.4	$\mathfrak{A}a^2$	Aa^{12}	1.14.14.0	771	Aa^4b

Отсюда сопоставленіе установокъ:

НОВОЙ	$H(3)$	$A(6)$	$Aa(2)$	$Aa^2(3)$	Aa^3	$Aa^3\alpha(2)$	Aa^3cC	$Aa^5\alpha$
	$D(4)$	$B(5)$	$A\alpha(5)$	$Aa\alpha$	$Aa^2\alpha(2)$	$Aa\gamma A\alpha$	$Aa^3\gamma C$	Aa^4bB
	$O(2)$	$C(6)$	Ab	Aab	Aa^2b	Ax^4	$Aa^2\gamma Bc$	Aa^6b
		$\mathfrak{A}(5)$	$A\beta$	$Aac(2)$	Aa^2c		$Aa\alpha^2a^2$	Aa^8
			Ac	$Aa\gamma$	$Aa^2\gamma$		$Aa\gamma A\gamma a$	Aa^7c
			$A\gamma(2)$	$A\alpha\alpha$	$Aa\alpha\beta$		$Axa^2\alpha a$	Aa^{13}
			BA	$Ax^2(4)$	$AabA$			
			B^3	$Axc(2)$	$Aa\gamma A$			
			BC	$Ax\gamma(2)$	$Aa\gamma C$			
			CA	$A\beta A$	$A\alpha\alpha\alpha$			
			$CB(2)$	$A\beta B$	$A\alpha ab$			
			$C^2(3)$	$A\gamma B$	$A\alpha a\beta$			
			$\mathfrak{A}a$	$A\gamma C(2)$	Ax^2a			
				$BA\beta$	$Ax\gamma A$			
				$BC\alpha$	$A\gamma A\alpha$			
				$CB\alpha$	$\mathfrak{A}a\alpha\alpha$			
				CBb				
				$CB\gamma$				
	9	22	22	27	17	4	6	6 113
старой	$H(3)$	$A(6)$	$Aa(3)$	$Aa^2(4)$	$Aa^3(2)$	Aa^4	Aa^4b	$Aa^5\alpha$
	$D(3)$	$B(3)$	$A\alpha(3)$	$Aa\alpha$	$Aa^2\alpha(2)$	$Aa^3\alpha(2)$	$Aa^3\alpha\alpha$	Aa^5b
	O	$C(2)$	$Ab(2)$	Aab	$Aa\beta^2$	Aa^3c	$Aa^2\gamma A\gamma$	Aa^4bB
		$\mathfrak{A}(5)$	$A\beta$	Aac	Aa^2b	$Aa^2\alpha\beta$	$Aa^2\gamma Bc$	$Aa^5\alpha^2$

$A\gamma(2)$	$Aa\gamma(2)$	Aa^2c	$Aa^2\gamma B$	$Aa\alpha^3a^2$	$Aa^5\gamma A$
$BA(2)$	$A\alpha a(3)$	$Aa\alpha^2$	$Aa^2\gamma C$		$Aa^7\alpha$
B^2	$A\alpha^2(2)$	$Aa\alpha\beta(2)$	$A\alpha^2\gamma C$		
$BC(2)$	$A\alpha b$	$AabA$			
$CA(2)$	$A\alpha c$	$AabC$			
$CB(5)$	$A\alpha\gamma$	$AacC$			
$C^2(2)$	AbA	$Aa\gamma A(2)$			
$\mathfrak{A}a$	$A\beta A$	$Aa\gamma C$			
	$A\beta B$	$A\alpha a\alpha$			
	$A\gamma A$	$A\alpha\gamma B$			
	$A\gamma B$	$A\gamma Ab$			
	$A\gamma C$				
	CAc				
	$\mathfrak{A}a^2(2)$				

7 16 26 26 19 8 5 6 113

При новой установкѣ уголъ между $(010\bar{1})$ и (0110) $62^\circ 8'$.

11. Берtrandитъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_1 : p_2 + p_3 : 2p_3 : -p_2 + p_3$$

составимъ слѣдующую табличку:

H	1000	100	H	A	$210\bar{1}$	110	D
—	$010\bar{1}$	010	H	—	$032\bar{1}$	021	A
—	0110	011	D	B	$142\bar{2}$	162	$Aa\gamma A$
D	0121	001	H	$A\alpha$	$230\bar{3}$	130	Aa
—	$021\bar{1}$	031	Aa	Aa^4	$610\bar{1}$	310	Aa
O	1121	102	A	$A\alpha^3a$	0.13.18.5	049	$Aa^2\alpha a$

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	$H(3)$ $D(2)$ O	$A(2)$ B	$A\alpha$	Aa^4 $A\alpha^3a$	
	6	3	1	2	12
старой	$H(3)$ $D(2)$	$A(2)$	$Aa(3)$	$Aa\gamma A$	$Aa^2\alpha a$
	5	2	3	1	1 12

При новой установкѣ этого ромбическаго минерала уголъ между $(010\bar{1})$ и (0110) $59^\circ 9'$.

12. Гуаринитъ.

Прежняя, кубическая, установка этого ромбического минерала должна считаться правильной.

13. Лиевритъ.

Если примемъ за уравненія преобразования

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_3 : p_1 + p_2 : 2p_1 : p_1 - p_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>Aa</i>	0341	210	<i>A</i>
—	010 $\bar{1}$	010	<i>H</i>	<i>A\alpha</i>	052 $\bar{3}$	140	<i>Aa^2</i>
—	0110	110	<i>D</i>	<i>A\beta</i>	2363	301	<i>Aa</i>
<i>D</i>	0121	100	<i>H</i>	<i>A\gamma</i>	1341	421	<i>CA</i>
—	021 $\bar{1}$	130	<i>Aa</i>	<i>B^2</i>	2583	411	<i>Aa\gamma</i>
—	110 $\bar{1}$	021	<i>A</i>	<i>Aa^2</i>	0451	530	<i>A\alpha^2</i>
—	1110	111	<i>O</i>	—	054 $\bar{1}$	230	<i>A\alpha</i>
<i>O</i>	121 $\bar{1}$	131	<i>A\gamma</i>	—	410 $\bar{1}$	012	<i>A</i>
<i>A</i>	032 $\bar{1}$	120	<i>A</i>	<i>A\alpha\alpha</i>	0572	730	<i>Aa\alpha\alpha</i>
—	210 $\bar{1}$	011	<i>D</i>	<i>A\alpha a^2</i>	097 $\bar{2}$	7.11.0	<i>Aa\alpha^3</i>
<i>B</i>	232 $\bar{1}$	121	<i>C</i>	<i>Aa^4</i>	076 $\bar{1}$	340	<i>Aa\alpha</i>
<i>C</i>	2121	101	<i>D</i>	<i>Aa^7</i>	0.9.10.1	540	<i>Aa^3\alpha</i>
—	1231	311	<i>A\gamma</i>	<i>Aa^9\gamma</i>	12.1.2.1	106	<i>Aa^4</i>
\mathfrak{A}	2341	211	<i>C</i>				

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (3) <i>D</i> (4) <i>O</i>	<i>A</i> (2) <i>B</i> <i>C</i> (2) \mathfrak{A}	<i>Aa</i> <i>A\alpha</i> <i>A\beta</i> <i>A\gamma</i> <i>B^2</i>	<i>Aa^2</i> (3) <i>A\alpha a</i>	<i>A\alpha a^2</i>	<i>Aa^4</i> <i>Aa^7</i> <i>Aa^9\gamma</i>	
	8	6	5	4	1	3	27
старой	<i>H</i> (3) <i>D</i> (3) <i>O</i>	<i>A</i> (4) <i>C</i> (2)	<i>Aa</i> (2) <i>A\alpha</i> <i>A\gamma</i> (2) <i>CA</i>	<i>Aa^2</i> <i>Aa\alpha</i> <i>A\alpha^2</i> <i>Aa\gamma</i>	<i>Aa^2\alpha</i> <i>Aa\alpha A</i>	<i>Aa^4</i> <i>Aa\alpha^3</i>	
	7	6	6	4	2	2	27

При новой установкѣ этого ромбического минерала уголъ между (010 $\bar{1}$) и (0110) 56° 19'.

14. Пролектитъ¹⁾.

Принявъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + p_3 : 2p_1 : p_1 - p_3$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	\mathfrak{H}	1532	327	<i>CA\gamma</i>
—	010 $\bar{1}$	001	<i>H</i>	B^2	2549	227	<i>A\alpha a\gamma</i>
<i>D</i>	021 $\bar{1}$	103	<i>Aa</i>	<i>CA</i>	2145	223	<i>Ac</i>
—	101 $\bar{1}$	$\bar{1}21$	<i>C</i>	Aa^2	0451	503	$A\alpha^2$
—	1110	121	<i>C</i>	—	1404	014	Aa^2
<i>O</i>	1121	110	<i>D</i>	<i>A\gamma A</i>	2561	322	<i>Ac</i>
<i>A</i>	1202	012	<i>A</i>	$A\alpha\gamma A$	25813	429	$A\alpha\gamma A$
—	1022	$\bar{1}11$	<i>O</i>	$A^3a\alpha$	05813	409	$Aa^3a\alpha$

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (2) <i>D</i> (3) <i>O</i>	<i>A</i> (2) \mathfrak{H}	B^2 <i>CA</i>	Aa^2 (2) <i>A\gamma A</i>	<i>A\alpha\gamma A</i>	Aa^3a	
	6	3	2	3	1	1	16
старой	<i>H</i> (2) <i>D</i> <i>O</i>	<i>A</i> <i>C</i> (2)	<i>Aa</i> <i>AC</i> (2)	Aa^2 $A\alpha^2$ <i>CA\gamma</i>	<i>A\alpha a\gamma</i> $A\alpha\gamma A$	$Aa^2a\alpha$	
	4	3	3	3	2	1	16

При новой установкѣ этого ромбическаго минерала уголъ между (010 $\bar{1}$) и (0110) ок. 62°.

15. Хондродитъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + p_3 : p_3 : -p_1 + p_3$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	<i>D</i>	1110	011	<i>D</i>
—	0110	001	<i>H</i>	—	0121	$\bar{1}02$	<i>A</i>
—	010 $\bar{1}$	100	<i>H</i>	—	0 $\bar{1}12$	201	<i>A</i>
<i>D</i>	110 $\bar{1}$	110	<i>D</i>	—	1011	$\bar{1}11$	<i>O</i>

1) Формы и углы заимствованы изъ Sjögren. Beiträge zur Mineralogie Schwedens по реф. въ Zeitschrift für Krystallographie 26, 105.

<i>O</i>	121 $\bar{1}$	111	<i>O</i>	<i>O</i>	131 $\bar{2}$	211	<i>C</i>
—	1 $\bar{1}$ 12	$\bar{2}$ 11	<i>C</i>	—	2121	$\bar{1}$ 22	<i>B</i>
<i>A</i>	120 $\bar{2}$	210	<i>A</i>	—	1 $\bar{2}$ 13	$\bar{3}$ 11	<i>A\gamma</i>
—	210 $\bar{1}$	120	<i>A</i>	\mathfrak{A}	241 $\bar{3}$	321	\mathfrak{A}
—	2110	021	<i>A</i>	—	2 $\bar{3}$ 14	$\bar{4}$ 21	<i>CA</i>
—	031 $\bar{2}$	201	<i>A</i>	—	2 $\bar{1}$ 34	$\bar{4}$ 23	<i>C^2</i>
—	032 $\bar{1}$	102	<i>A</i>	<i>Aa</i>	043 $\bar{1}$	103	<i>Aa</i>
—	2011	$\bar{1}$ 21	<i>C</i>	—	0341	$\bar{1}$ 04	<i>Aa</i>
—	1022	$\bar{2}$ 12	<i>B</i>	—	0 $\bar{1}$ 34	$\bar{4}$ 03	<i>Aa\alpha</i>
<i>B</i>	231 $\bar{2}$	221	<i>B</i>	<i>A\alpha</i>	2330	023	<i>A\alpha</i>
—	2132	$\bar{2}$ 23	<i>Ac</i>	<i>AC</i>	253 $\bar{2}$	223	<i>Ac</i>
—	2 $\bar{1}$ 23	$\bar{3}$ 22	<i>Ac</i>	<i>C^2</i>	2 $\bar{1}$ 34	$\bar{4}$ 23	<i>C^2</i>
—	2 $\bar{2}$ 13	$\bar{3}$ 21	\mathfrak{A}	<i>Aab</i>	454 $\bar{1}$	144	<i>Aab</i>
—	2231	$\bar{1}$ 23	\mathfrak{A}	<i>Aa\gamma</i>	4121	$\bar{1}$ 42	<i>CA</i>
<i>C</i>	2 $\bar{1}$ 12	$\bar{2}$ 21	<i>B</i>	<i>CBc</i>	894 $\bar{5}$	584	<i>CBc</i>
—	221 $\bar{1}$	121	<i>C</i>	<i>Aa^5</i>	078 $\bar{1}$	$\bar{1}$ 08	<i>Aa^6</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (3) <i>D</i> (5) <i>O</i> (2)	<i>A</i> (7) <i>B</i> (5) <i>C</i> (5) \mathfrak{A} (3)	<i>Aa</i> (3) <i>A\alpha</i> <i>Ac</i> <i>C^2</i>	<i>Aab</i> <i>Aa\gamma</i> <i>CBc</i>	<i>Aa^5</i>	
	10	20	6	3	1	40
старой	<i>H</i> (3) <i>D</i> (2) <i>O</i> (2)	<i>A</i> (7) <i>B</i> (4) <i>C</i> (4) \mathfrak{A} (3)	<i>Aa</i> (2) <i>A\alpha</i> <i>Ac</i> (3) <i>A\gamma</i> <i>CA</i> (2) <i>C^2</i>	<i>Aa^2</i> <i>Aa\alpha</i> <i>Aab</i> <i>CBc</i>	<i>Aa^6</i>	
	7	18	10	4	1	40

При новой установкѣ этого моноклиннаго минерала уголъ между (010 $\bar{1}$) и (0110) 70° 59.

16. Гумитъ.

Принявъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + p_3 : 2p_3 : -p_1 + p_3$$

составимъ слѣдующую таблицку:

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	<i>C</i>	1312̄	521	<i>AγA</i>
—	0101̄	100	<i>H</i>	<i>Ж</i>	2341	122	<i>B</i>
—	0110	101	<i>D</i>	<i>Aa</i>	0341	102	<i>A</i>
<i>D</i>	0121	001	<i>H</i>	<i>Aα</i>	2303̄	320	<i>Aα</i>
—	0211̄	301	<i>Aa</i>	<i>Aβ</i>	2363	023	<i>Aα</i>
—	1110	121	<i>C</i>	<i>Ac</i>	2523̄	421	<i>CA</i>
<i>O</i>	1121	011	<i>D</i>	<i>CA</i>	2541̄	322	<i>Ac</i>
—	1211̄	321	<i>Ж</i>	<i>Aa²</i>	0541	302	<i>Aa</i>
<i>A</i>	2101̄	120	<i>A</i>	<i>Aαa</i>	0743̄	502	<i>Aαa</i>
—	1220	111	<i>O</i>	<i>Aαa</i>	2505̄	520	<i>Aαa</i>
—	0321̄	201	<i>A</i>	<i>Aα²</i>	0583	104	<i>Aa²</i>
<i>B</i>	2321̄	221	<i>B</i>	<i>Aa²α</i>	0945̄	702	<i>Aαa²</i>
<i>C</i>	2121	021	<i>A</i>	<i>Aa¹⁰</i>	0.13.12.1̄	706	<i>Aa⁴α</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (3)	<i>A</i> (3)	<i>Aa</i>	<i>Aa²</i>	<i>Aa²α</i>	<i>Aa¹⁰</i>	
	<i>D</i> (3)	<i>B</i>	<i>Aα</i>	<i>Aαα</i>			
	<i>O</i> (2)	<i>C</i> (2)	<i>Aβ</i>	<i>Aαa</i>			
		<i>Ж</i>	<i>Ac</i>	<i>Aα²</i>			
			<i>CA</i>				
	8	7	5	4	1	1	26
старой	<i>H</i> (3)	<i>A</i> (4)	<i>Aa</i>	<i>Aa²</i>	<i>Aαa²</i>	<i>Aa⁴α</i>	
	<i>D</i> (2)	<i>B</i> (2)	<i>Aα</i> (3)	<i>Aαα</i> (2)			
	<i>O</i>	<i>C</i>	<i>Ac</i>	<i>AγA</i>			
		<i>Ж</i>	<i>CA</i>				
	6	8	6	4	1	1	26

При новой установкѣ этого ромбическаго минерала уголъ между (0101̄) и (0110) 63° 52.

17. Клиногумитъ.

Въ виду близости этого моноклиннаго минерала къ предыдущему, мы примѣнимъ тѣ же уравненія преобразования и составимъ слѣдующую таблицку:

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	<i>D</i>	0121	001	<i>H</i>
—	0101̄	100	<i>H</i>	—	1101̄	110	<i>D</i>
—	0110	101	<i>D</i>	—	1110	121	<i>C</i>
—	0011	101̄	<i>D</i>	—	1011	121̄	<i>C</i>

<i>O</i>	1121	011	<i>D</i>	—	0143	$\bar{1}02$	<i>A</i>
—	121 $\bar{1}$	321	\mathfrak{A}	—	1033	$\bar{3}23$	<i>A\beta</i>
—	1 $\bar{1}$ 12	$\bar{3}21$	\mathfrak{A}	<i>A\alpha</i>	230 $\bar{3}$	320	<i>Aa</i>
<i>A</i>	210 $\bar{1}$	120	<i>A</i>	<i>Ab</i>	3341	132	\mathfrak{A}
—	031 $\bar{2}$	501	<i>Aa</i> ³	<i>A\beta</i>	2363	023	<i>A\alpha</i>
—	032 $\bar{1}$	201	<i>A</i>	<i>Ac</i>	2 $\bar{3}$ 25	$\bar{4}21$	<i>CA</i>
—	0 $\bar{1}$ 23	$\bar{2}01$	<i>A</i>	<i>CA</i>	254 $\bar{1}$	322	<i>Ac</i>
—	1220	111	<i>O</i>	—	2 $\bar{1}$ 45	$\bar{3}22$	<i>Ac</i>
—	1022	$\bar{1}11$	<i>O</i>	<i>Aa</i> ²	410 $\bar{1}$	140	<i>Aa</i> ²
<i>B</i>	2321	221	<i>B</i>	—	054 $\bar{1}$	302	<i>A\alpha</i>
—	2 $\bar{1}$ 23	$\bar{2}21$	<i>B</i>	—	0 $\bar{1}$ 45	$\bar{3}02$	<i>A\alpha</i>
<i>C</i>	2121	021	<i>A</i>	<i>Aa\alpha</i>	0 $\bar{3}$ 47	$\bar{5}02$	<i>A\alpha\alpha</i>
—	132 $\bar{1}$	211	<i>C</i>	<i>A\alpha</i> ³	0385	$\bar{1}04$	<i>Aa</i> ²
—	1 $\bar{1}$ 23	$\bar{2}11$	<i>C</i>	<i>A\beta C</i>	8385	$\bar{1}84$	<i>CBa</i>
—	1132	$\bar{1}23$	\mathfrak{A}	<i>A\gamma C</i>	4385	$\bar{1}44$	<i>Aab</i>
\mathfrak{A}	2341	122	<i>B</i>	<i>Aa</i> ² α	094 $\bar{5}$	702	<i>A\alpha a</i> ²
—	2143	$\bar{1}22$	\mathfrak{A}	<i>Aa</i> ⁵ α	0.15.8. $\bar{7}$	11.04	<i>Aa\alpha a</i> ²
<i>Aa</i>	0341	102	<i>A</i>				

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (4)	<i>A</i> (6)	<i>Aa</i> (3)	<i>Aa</i> ² (3)	<i>Aa</i> ² α	<i>Aa</i> ⁵ α	
	<i>D</i> (4)	<i>B</i> (2)	<i>A\alpha</i>	<i>Aa\alpha</i>			
	<i>O</i> (3)	<i>C</i> (4)	<i>Ab</i>	<i>A\alpha</i> ³			
		\mathfrak{A} (2)	<i>A\beta</i>	<i>A\beta C</i>			
			<i>Ac</i>	<i>A\gamma C</i>			
			<i>CA</i> (2)				
	11	14	9	7	1	1	43
старой	<i>H</i> (3)	<i>A</i> (6)	<i>A\alpha</i> (4)	<i>Aa</i> ² (2)	<i>Aa</i> ³	<i>Aa\alpha a</i> ²	
	<i>D</i> (4)	<i>B</i> (4)	<i>A\beta</i>	<i>Aab</i>	<i>A\alpha a</i> ²		
	<i>O</i> (2)	<i>C</i> (4)	<i>Ac</i> (2)	<i>A\alpha a</i>			
		\mathfrak{A} (4)	<i>CA</i>	<i>CBa</i>			
	9	18	8	5	2	1	43

При новой установкѣ этого рѣзко моноклиннаго минерала уголъ между (010 $\bar{1}$) и (0011) 60° 12'.

18. Эпидотъ. 19. Ортитъ. 20. Клиноцоизитъ. 21. Пьемонтитъ.

Эти моноклинные минералы стоятъ такъ близко другъ къ другу, что должны быть разсмотрѣны совмѣстно.

1) Эта установка была уже изслѣдована и изложена въ Zeitschrift für Krystallographie 25, 121. Специально по отношенію къ клиноцоизиту, описанному Вейн-шенкомъ, пришлось его символы перечислить пред-варительно въ символы, соответствующіе установкѣ, принятой Гольдшмидтомъ. Списокъ формъ извлеченъ изъ Zeitschrift für Krystallographie 26, 168.

Примѣнивъ къ нимъ уравненія преобразованія¹⁾

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + p_3 : p_3 : -p_1$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	+	—	+	+	3
—	0110	001	<i>H</i>	+	+	+	+	4
—	010 $\bar{1}$	100	<i>H</i>	+	+	+	+	4
—	0011	$\bar{1}01$	<i>D</i>	+	+	+	—	3
<i>D</i>	110 $\bar{1}$	110	<i>D</i>	+	+	+	+	4
—	1110	011	<i>D</i>	+	+	+	—	3
—	021 $\bar{1}$	101	<i>D</i>	+	+	+	+	4
—	0121	$\bar{1}02$	<i>A</i>	+	—	+	+	3
—	0 $\bar{1}$ 12	$\bar{2}01$	<i>A</i>	+	+	+	—	3
—	1011	$\bar{1}11$	<i>O</i>	+	+	+	+	4
<i>O</i>	121 $\bar{1}$	111	<i>O</i>	+	+	—	—	2
—	1121	$\bar{1}12$	<i>C</i>	+	+	—	—	2
—	1 $\bar{1}$ 12	$\bar{2}11$	<i>C</i>	+	+	—	—	2
<i>A</i>	120 $\bar{2}$	210	<i>A</i>	+	+	+	—	3
—	210 $\bar{1}$	120	<i>A</i>	+	—	—	—	1
—	1220	012	<i>A</i>	+	+	+	—	3
—	031 $\bar{2}$	201	<i>A</i>	+	+	—	—	2
—	032 $\bar{1}$	102	<i>A</i>	+	—	—	—	1
—	0132	$\bar{2}03$	<i>A\alpha</i>	+	+	—	—	2
—	0 $\bar{1}$ 23	$\bar{3}02$	<i>A\alpha</i>	+	+	—	—	2
—	0 $\bar{2}$ 13	$\bar{3}01$	<i>Aa</i>	+	+	—	—	2
—	0231	$\bar{1}03$	<i>Aa</i>	+	+	—	—	2
—	1022	$\bar{2}12$	<i>B</i>	+	—	—	—	1
—	2011	$\bar{1}21$	<i>C</i>	+	—	—	—	1
<i>B</i>	232 $\bar{1}$	122	<i>B</i>	+	—	—	—	1
—	1 $\bar{2}$ 24	$\bar{4}12$	<i>CA</i>	+	—	—	—	1
—	2231	$\bar{1}23$	\mathfrak{A}	+	—	—	—	1
<i>C</i>	132 $\bar{1}$	112	<i>C</i>	+	+	—	—	2
—	122 $\bar{1}$	$\bar{1}13$	<i>A\gamma</i>	+	—	—	—	1
—	21 $\bar{1}$ 2	$\bar{2}21$	<i>B</i>	+	+	—	—	2
—	221 $\bar{1}$	121	<i>C</i>	+	—	—	—	1
—	131 $\bar{2}$	211	<i>C</i>	+	+	—	—	2
—	2121	$\bar{1}22$	<i>B</i>	+	—	—	—	1
—	1 $\bar{2}$ 13	$\bar{3}11$	<i>A\gamma</i>	+	—	—	—	1
\mathfrak{A}	153 $\bar{2}$	213	\mathfrak{A}	+	—	—	—	1
—	331 $\bar{2}$	231	\mathfrak{A}	+	—	—	—	1
—	1 $\bar{3}$ 25	$\bar{5}12$	<i>A\gamma</i>	+	—	—	—	1
—	2 $\bar{1}$ 34	$\bar{4}23$	<i>C^2</i>	+	—	—	—	1
—	3132	$\bar{2}33$	<i>A\beta</i>	+	—	+	—	2
—	2341	$\bar{1}24$	<i>CA</i>	—	+	—	—	1
<i>Aa</i>	130 $\bar{3}$	310	<i>Aa</i>	+	—	—	—	1

—	1330	013	Aa	+	—	—	—	1
—	0413	301	Aa	+	—	—	—	1
—	0341	$\bar{1}04$	Aa^2	+	+	—	—	2
—	0143	$\bar{3}04$	$Aa\alpha$	+	—	—	—	1
—	0 $\bar{1}$ 34	$\bar{4}03$	$Aa\alpha$	+	—	—	—	1
—	0314	$\bar{4}01$	Aa^2	+	—	—	—	1
—	1033	$\bar{3}13$	Ab	+	—	—	—	1
—	3011	$\bar{1}31$	$A\gamma$	+	—	—	—	1
$A\alpha$	2303	320	$A\alpha$	+	—	—	—	1
—	2330	023	$A\alpha$	+	—	—	—	1
—	2033	$\bar{3}23$	$A\beta$	+	—	—	—	1
—	3022	$\bar{2}32$	Ac	+	—	—	—	1
$A\beta$	2 $\bar{3}$ 36	$\bar{6}23$	$\mathcal{A}\gamma$	+	—	—	—	1
Ac	32 $\bar{4}$ 2	$\bar{2}34$	C^2	+	—	—	—	1
$A\gamma$	143 $\bar{1}$	113	$A\gamma$	+	—	—	—	1
—	1341	$\bar{1}14$	$Aa\gamma$	+	+	—	—	2
—	1 $\bar{3}$ 14	$\bar{4}11$	$Aa\gamma$	+	—	—	—	1
—	1 $\bar{1}$ 34	$\bar{4}13$	CB	+	—	—	—	1
BC	3 $\bar{5}$ 27	$\bar{5}32$	$CA\gamma$	+	—	—	—	1
CA	2 $\bar{4}$ 15	521	$A\gamma A$	+	—	—	—	1
Aa^2	1440	014	Aa^2	+	—	—	—	1
—	0451	$\bar{1}05$	Aa^3	+	—	—	—	1
—	4011	$\bar{1}41$	$Aa\gamma$	+	—	—	—	1
—	0 $\bar{4}$ 15	$\bar{5}01$	Aa^3	—	+	—	—	1
$Aa\alpha$	074 $\bar{3}$	304	$Aa\alpha$	+	—	—	—	1
Aab	454 $\bar{1}$	144	Aab	+	—	—	—	1
$A\alpha\alpha$	072 $\bar{5}$	502	$A\alpha\alpha$	—	—	+	—	1
$A\alpha^2$	085 $\bar{3}$	305	$A\alpha^2$	+	—	—	—	1
—	5033	$\bar{3}53$	$A\alpha c$	+	—	—	—	1
$A\gamma A$	261 $\bar{5}$	521	$A\gamma A$	+	—	—	—	1
$A\gamma B$	1 $\bar{5}$ 49	$\bar{9}14$	BaA	+	—	—	—	1
Aa^3	510 $\bar{1}$	150	Aa^3	+	—	—	—	1
—	1550	015	Aa^3	+	—	—	—	1
—	065 $\bar{1}$	105	Aa^3	+	—	—	—	1
—	5011	$\bar{1}51$	$Aa^2\gamma$	+	—	—	—	1
Aa^4	1660	016	Aa^4	+	—	—	—	1
—	0 $\bar{1}$ 67	$\bar{7}06$	$Aa^4\alpha$	+	—	—	—	1
—	6011	$\bar{1}61$	$Aa^3\gamma$	+	—	—	—	1
—	160 $\bar{6}$	610	Aa^4	—	+	—	—	1
$Aa^3\gamma$	171 $\bar{6}$	611	$Aa^3\gamma$	+	—	—	—	1
—	176 $\bar{1}$	116	$Aa^3\gamma$	+	—	—	—	1
$A\alpha a^3$	2990	029	$A\alpha a^3$	+	—	—	—	1
Aa^5	7011	$\bar{1}71$	$Aa^4\gamma$	+	—	—	—	1
—	081 $\bar{7}$	701	Aa^5	—	—	+	—	1
Aa^8	1.10.0. $\bar{1}0$	10.1.0	Aa^8	—	+	—	—	1
$Aa^{12}\gamma$	1.16.15. $\bar{1}$	1.1.15	$Aa^{12}\gamma$	+	—	—	—	1

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	$H(14)$	$A(20)$	$Aa(10)$	$Aa^2(4)$	$Aa^3(4)$	$Aa^4(4)$	$Aa^5(2)$
	$D(21)$	$B(3)$	$A\alpha(4)$	$Aa\alpha$		$Aa^3\gamma(2)$	Aa^8
	$O(6)$	$C(10)$	$A\beta$	Aab		$A\alpha a^3$	$Aa^{12}\gamma$
		$\mathfrak{A}(7)$	Ac	$A\alpha a$			
			$A\gamma(5)$	$A\alpha^2(2)$			
			BC	$A\gamma A$			
			CA	$A\gamma B$			
	41	40	23	11	4	7	4 130
старой	$H(11)$	$A(16)$	$Aa(7)$	$Aa^2(4)$	$Aa^3(5)$	$Aa^4(2)$	Aa^5
	$D(14)$	$B(5)$	$A\alpha(6)$	$Aa\alpha(3)$	$Aa^2\gamma$	$Aa^3\gamma(3)$	$Aa^4\alpha$
	$O(6)$	$C(10)$	Ab	Aab		$A\alpha a^3$	$Aa^4\gamma$
		$\mathfrak{A}(3)$	$A\beta(3)$	$Aa\gamma(4)$			Aa^8
			Ac	$A\alpha a$			$Aa^{12}\gamma$
			$A\gamma(5)$	$A\alpha^2$			
			$CA(2)$	$A\alpha c$			
			CB	$A\gamma A(2)$			
			$C^2(2)$	BAa			
			$\mathfrak{A}\gamma$	$CA\gamma$			
	31	34	29	19	6	6	5 130

22. Цоизитъ.

Несмотря на близость этого ромбического минерала къ предыдущимъ, моноклиннымъ, къ нему приходится примѣнить иныя уравненія преобразованія, а именно:

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + p_3 : 2p_3 : -p_1 + p_3$$

согласно съ ними составимъ табличку:

H	1000	010	H	C	2121	021	A
—	010 $\bar{1}$	100	H	Aa	130 $\bar{3}$	310	Aa
—	0110	101	D	—	310 $\bar{1}$	130	Aa
D	110 $\bar{1}$	110	D	—	3110	161	$Aa^3\gamma$
—	1110	121	C	$A\alpha$	230 $\bar{3}$	320	$A\alpha$
O	1121	011	D	—	3220	031	Aa
A	120 $\bar{1}$	210	A	Aa^2	410 $\bar{1}$	140	Aa^2
—	210 $\bar{1}$	120	A	$Aa\gamma$	4121	041	Aa^2
—	1220	111	O	$A\alpha^2$	350 $\bar{5}$	530	$A\alpha^2$
				$Aa^3\gamma$	6121	061	Aa^4

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	$H(3)$	$A(3)$	$Aa(3)$	Aa^2	$Aa^3\gamma$	
	$D(2)$	C	$A\alpha(2)$	$A\alpha\gamma$		
	O			$A\alpha^2$		
	6	4	5	3	1	19

старой	$H(2)$ $D(3)$ O	$A(3)$ C	$Aa(3)$ $A\alpha$	$Aa^2(2)$ $A\alpha^2$	Aa^4 $Aa^3\gamma$	
	6	4	4	3	2	19

Несмотря на близость комплексов цоизита съ предыдущими, вмѣстѣ съ тѣмъ проявляется и глубокое различіе. Главнымъ образомъ сходство выражается въ близости главного гипогексагонального пояса. При новой установкѣ уголъ между $(010\bar{1})$ и (0110) въ цоизитѣ $61^\circ 3$, въ эпидотѣ $64^\circ 36$; даже въ этомъ отношеніи близость не велика. Что же касается величины главной оси (въ обоихъ случаяхъ двойной оси симметріи), то уже не проявляется ни малѣйшаго сходства. Напротивъ того, эпидотъ рѣзко выраженный отрицательный, тогда какъ цоизитъ ясно положительный минералъ.

23. Церитъ.

Прежнюю, кубическую, установку этого ромбического псевдотетрагонального минерала слѣдуетъ считать правильною.

24. Идокразъ.

Прежнюю, кубическую, установку этого тетрагонального минерала слѣдуетъ считать правильною.

25. Монтчелитъ. 26. Форстеритъ. 27. Оливинъ. 28. Гортонолитъ. 29. Фаялитъ. 30. Репперитъ. 31. Тефроитъ.

Всѣ эти минералы столь близки другъ къ другу, что необходимо ихъ разсматривать совмѣстно.

Изученіе ихъ установки уже было произведено раньше ¹⁾, при чемъ было показано, что является возможность разсматривать эти ромбическіе минералы какъ принадлежащіе гипогексагональному типу, хотя результаты сопоставленій далеко не столь убѣдительны, какъ въ другихъ случаяхъ.

Ограничимся приведеніемъ сопоставленій установокъ:

новой	$H(3)$ $D(3)$ $O(2)$	$A(3)$ $B(2)$ C \mathfrak{A}	Aa $A\alpha(2)$ Ab CB	$Aa^2(2)$ $Aa\alpha$ Aac $A\alpha\alpha(2)$ AcB	$A\alpha\alpha^3\alpha\alpha$	
	8	7	5	7	1	28

1) Тамъ же стр. 138.

прежней	$H(3)$ $D(3)$ O	$A(5)$ B $C(2)$ \mathfrak{A}	Aa $A\alpha(3)$ $A\gamma$	$Aa^2(2)$	Aa^3 $Aa^2\alpha$	Aa^4 $Aa^3\gamma$	$Aa^7\alpha$	
	7	9	5	2	2	2	1	28

Хотя число формъ перваго періода повысилось на 1-цу, но общая сумма формъ I и II періода понизилась на 1-цу. Въ высшихъ же періодахъ замѣчается весьма рѣзкое пониженіе.

Однако при новой установкѣ уголъ между $(010\bar{1})$ и (0110) для всѣхъ этихъ минераловъ очень близокъ къ 60° .

32. Фенанитъ. 33. Виллемитъ.

Эти гексагональные минералы столь близки по своимъ комплексамъ, что должны разсматриваться совмѣстно.

Если примемъ за уравненія преобразованія:

$$p_1 : p_2 : p_3 = -q_1 + q_4 : q_1 + q_2 + q_4 : -q_2 + q_4$$

составимъ слѣдующую табличку:

H	010	$11\bar{2}1$	O	+	+	\mathfrak{A}	$\bar{2}3\bar{1}$	$21\bar{3}0$	A	+	—
D	101	$\bar{1}\bar{1}22$	B	+	+	—	312	$\bar{5}274$	B^2	+	—
—	$\bar{1}10$	$10\bar{1}0$	H	+	+	Aa	031	41 $\bar{5}4$	Aab	+	—
O	111	0001	H	—	+	—	$\bar{1}30$	52 $\bar{7}2$	$A\alpha\gamma$	+	—
—	$1\bar{1}1$	$\bar{2}241$	B	+	—	$A\alpha$	$\bar{2}30$	71 $\bar{8}1$	$Aa^4\gamma$	+	—
A	021	$10\bar{1}1$	D	+	+	—	302	$\bar{4}\bar{1}55$	$A\gamma B$	—	+
—	$\bar{1}20$	41 $\bar{5}1$	$Aa\gamma$	+	+	$A\gamma$	$\bar{1}31$	20 $\bar{2}1$	A	+	—
B	221	$\bar{5}271$	$A\gamma A$	+	—	CB	4 $\bar{1}3$	$\bar{2}\bar{1}32$	B	+	—
—	$2\bar{1}2$	$\bar{1}\bar{1}21$	O	+	+	$A\gamma B$	$\bar{4}5\bar{1}$	41 $\bar{5}0$	Aa^2	—	+
C	$\bar{1}2\bar{1}$	$11\bar{2}0$	D	+	—	$Aa^7\gamma$	1.10.1	33 $\bar{6}4$	Aac	—	+
—	$2\bar{1}1$	$\bar{4}\bar{1}52$	CA	+	—						

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	$H(2)$ $D(4)$ $O(2)$	$A(4)$ $B(3)$ $C(2)$ $\mathfrak{A}(2)$	$Aa(2)$ $A\alpha(2)$ $A\gamma$ CB	$A\gamma B$	$Aa^7\gamma$	
	8	11	6	1	1	27
старой	$H(3)$ $D(3)$ $O(4)$	$A(2)$ $B(4)$	B^2 CA	Aa^2 Aab Aac $Aa\gamma(2)$	$Aa^4\gamma$	

			$A\alpha\gamma$		
			$A\gamma A$		
			$A\gamma B$		
10	6	2	8	1	27

Правильность новой установки, то есть принадлежность минераловъ къ кубическому типу, проявляется съ рѣзкостью, рѣдко встрѣчающеюся¹⁾, хотя и выражается главнымъ образомъ въ томъ, что много формъ II и III періодовъ становятся формами IV періода. Но мы усматриваемъ очень рѣзкое проявленіе того же въ крайне ненормальномъ составѣ формъ III періода при старой установкѣ.

34. Тримеритъ.

Этотъ гексагональный минераль, столь близкій къ предыдущимъ по химической формулѣ, рѣзко отличается отъ нихъ въ геометрическомъ отношеніи, и долженъ быть отнесенъ къ гипогексагональному типу, согласно прежней его установкѣ.

35. Данбуритъ.

Прежняя, кубическая, установка этого ромбического минерала должна считаться правильной.

36. Псевдобрунитъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 3p_1 : p_2 + 3p_3 : 2p_2 : p_2 - p_3$$

составимъ слѣдующую табличку:

H	1000	100	H	A	120 $\bar{2}$	102	A
—	010 $\bar{1}$	001	H	—	1220	131	$A\gamma$
D	0011	010	H	B	142 $\bar{2}$	133	Ab
—	021 $\bar{1}$	011	D	C	132 $\bar{1}$	132	\mathfrak{A}
—	110 $\bar{1}$	101	D	$A\gamma$	3121	110	D
O	1121	130	$A\alpha$				

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	$H(2)$	$A(2)$	$A\gamma$	старой	$H(3)$	A	$A\alpha$
	$D(3)$	B			$D(3)$	\mathfrak{A}	Ab
	O	C					$A\gamma$
	6	4	1 11		6	2 3	11

1) Раньше (тамъ же стр. 109) по непонятному недосмотру совсѣмъ упущена изъ виду кубическая установка этихъ минераловъ, что дало себя знать противорѣчающимъ съ физическими свойствами этихъ минераловъ отнесенію ихъ къ крайне отрицательнымъ минераламъ.

Преимущества новой установки этого ромбического минерала выражаются очень рѣзко. При новой установкѣ уголъ между $(010\bar{1})$ и (0110) $69^\circ 22'$.

37. Диоптазъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$p_1 : p_2 : p_3 = q_1 + q_4 : q_1 + q_2 + q_3 : -q_2 + q_4$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	010	11 $\bar{2}$ 1	<i>O</i>	<i>AcB</i>	$\bar{5}7\bar{2}$	52 $\bar{7}$ 0	<i>Aαa</i>
<i>D</i>	$\bar{1}$ 10	10 $\bar{1}$ 0	<i>H</i>	<i>AγB</i>	$\bar{4}5\bar{1}$	41 $\bar{5}$ 0	<i>Aa</i> ³
—	101	$\bar{1}\bar{1}$ 22	<i>C</i>	$\mathfrak{A}\gamma a$	2.11.5	41 $\bar{5}$ 6	$\mathfrak{A}\alpha$
<i>C</i>	2 $\bar{1}$ 1	$\bar{4}\bar{1}$ 52	<i>CA</i>	<i>Aαa</i> ² α	$\bar{7}$ 90	23.2. $\bar{2}5$.2	<i>Aαa</i> ¹⁰
<i>Aa</i>	$\bar{1}$ 30	52 $\bar{7}$ 2	<i>Aαγ</i>	<i>Aa</i> ⁵	$\bar{1}$ 70	32 $\bar{5}$ 2	<i>Ac</i>
<i>Ac</i>	3 $\bar{2}$ 2	$\bar{2}\bar{1}$ 31	<i>C</i>	<i>Aa</i> ⁹	$\bar{1}$.11.0	13.10. $\bar{2}3$.10	<i>Aαa</i> ² α
<i>BC</i>	$\bar{3}5\bar{2}$	32 $\bar{5}$ 0	<i>Aα</i>	<i>Aa</i> ¹⁷	0.19.1	20.17. $\bar{3}7$.20	<i>Aα</i> ² α ³ β
<i>Aα</i> ²	$\bar{3}$ 50	11.2. $\bar{1}3$.2	<i>Aαa</i> ³ γ				

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> <i>D</i> (2)	<i>C</i>	<i>Aa</i> <i>Ac</i> <i>BC</i>	<i>Aα</i> ² <i>AcB</i> <i>AγB</i> $\mathfrak{A}\gamma a$	<i>Aαa</i> ² α	<i>Aa</i> ⁵	<i>Aa</i> ⁹	<i>Aa</i> ¹⁷	
	3	1	3	4	1	1	1	1	15
старой	<i>H</i> <i>O</i>	<i>C</i> (2)	<i>Aα</i> <i>Ac</i> <i>CA</i> $\mathfrak{A}\alpha$	<i>Aa</i> ³ <i>Aαa</i> <i>Aαγ</i>	<i>Aαa</i> ² α <i>Aαa</i> ³ γ		<i>Aα</i> ² α ³ β	<i>Aαa</i> ¹⁰	
	2	2	4	3	2		1	1	15

Бросается въ глаза ненормальный составъ формъ II періода при старой, но также и нѣкоторыхъ формъ при новой установкѣ. Символы нѣкоторыхъ сложныхъ формъ стоятъ недостаточно твердо, а потому весьма желательно подтвержденіе. Наболѣе же частыя формы соотвѣтствуютъ кубическому типу кристалловъ.

38. Пренить.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 3p_3 : 3p_1 + p_2 : 3p_1 - p_2 : -2p_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>B</i>	1422̄	331	<i>Ab</i>
—	0110	100	<i>H</i>	<i>Aa</i>	1330	301	<i>Aa</i>
—	0101̄	130	<i>Aa</i>	<i>Aα</i>	2330	302	<i>Aα</i>
<i>D</i>	0112̄	010	<i>H</i>	<i>Ac</i>	3422̄	111	<i>O</i>
—	0211̄	110	<i>D</i>	<i>Aαγ</i>	4330	304	<i>Aαα</i>
—	1110	101	<i>D</i>	<i>Aa³</i>	1550	501	<i>Aa³</i>
<i>O</i>	1112̄	031	<i>Aa</i>	<i>Aαab</i>	3.16.8.8̄	441	<i>Aab</i>
<i>A</i>	1202	131	<i>Aγ</i>	<i>Aα²a</i>	8330	308	<i>Aα²a</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (3) <i>D</i> (3) <i>O</i>	<i>A</i> <i>B</i>	<i>Aa</i> <i>Aα</i> <i>Ac</i>	<i>Aaγ</i>	<i>Aa³</i> <i>Aαab</i> <i>Aα²a</i>	
	7	2	3	1	3	16
старой	<i>H</i> (3) <i>D</i> (2) <i>O</i>	<i>Aa</i> (3) <i>Aα</i> <i>Ab</i> <i>Aγ</i>	<i>Aαα</i> <i>Aab</i>	<i>Aa³</i> <i>Aα²a</i>		
	6	0	6	2	2	16

Преимущество новой установки выражается очень рѣзко. При ней уголъ между (0101̄) и (0110) 68° 22'. Положительный характеръ кристалла выражается въ пластинчатости и совершенной спайности по (1000).

39. Аксинитъ.

Вопросъ о правильной установкѣ этого триклиннаго минерала былъ подробно разсмотрѣнъ раньше¹⁾. Минералъ оказался относящимся къ гипогексагональному типу. При этомъ уголъ между (0101̄) и (0110) 60° 16'.

40. Гарстигитъ.

Прежняя, кубическая, установка этого ромбическаго псевдотетрагональнаго минерала должна считаться правильною, хотя по малому числу наблюдавшихся формъ и требуетъ подтвержденія.

41. Слюды.

Вопросъ объ ихъ установкѣ былъ подробно разсмотрѣнъ раньше²⁾. При этомъ рѣзко выразились какъ ихъ принадлежность къ гипогексагональному типу, такъ и крайнія поло-

1) Тамъ же, стр. 125.
Зап. Физ.-Мат. Отд.

2) Тамъ же, стр. 123.

жительныя свойства комплексовъ этихъ минераловъ. На общей діаграммѣ принята установка, составляющая результатъ этого изслѣдованія.

42. Минералы группы хлорита.

Вопросъ о правильной установкѣ этихъ минераловъ также уже раньше подвергся подробному изслѣдованію, и на общей діаграммѣ принята установка, согласная съ полученными тогда же результатами ¹⁾.

43. Каолинитъ.

Вопросъ о правильной установкѣ этого минерала былъ рассмотрѣнъ раньше ²⁾. Хотя и выяснилась принадлежность этого моноклиннаго минерала къ гипогексагональному типу, но по недостатку данныхъ результатъ не можетъ считаться окончательнымъ.

44. Микросоммитъ.

Прежняя, гипогексагональная, установка этого гексагональнаго минерала должна считаться правильною.

45. Нефелинъ.

Несмотря на близость формъ этого минерала съ предыдущимъ, есть основаніе не соединять ихъ въ одно, а рассмотреть отдѣльно, такъ какъ для нефелина преимущество представляетъ другая установка съ вдвое большею осью. Тогда уравненія преобразованія будутъ

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_4 : p_2 : -p_3 : p_1$$

и мы составимъ табличку:

<i>H</i>	1000	$\frac{3}{4}$	0001	$\frac{3}{4}$	<i>H</i>	1	<i>A</i>	1022	4	40 $\bar{4}$ 1	12	<i>Aa</i> ³	3
—	010 $\bar{1}$	1	10 $\bar{1}$ 0	1	<i>H</i>	3	<i>C</i>	2121	6	11 $\bar{2}$ 1	3	<i>O</i>	3
<i>D</i>	0121	3	11 $\bar{2}$ 0	3	<i>D</i>	3	<i>Aa</i>	3011	7	20 $\bar{2}$ 3	10	<i>Aa</i>	3
—	1022	4	20 $\bar{2}$ 1	4	<i>A</i>	3	—	1033	9	60 $\bar{6}$ 1	27	<i>Aa</i> ⁴	3
<i>O</i>	1121	3	22 $\bar{4}$ 1	12	<i>B</i>	3	<i>Aa</i> ²	4011	13	10 $\bar{1}$ 2	4	<i>A</i>	3
<i>A</i>	0132	7	21 $\bar{3}$ 0	7	<i>A</i>	6	<i>Aa</i> ³	5011	19	20 $\bar{2}$ 5	22	<i>Aa</i> ³	3
—	2011	4	10 $\bar{1}$ 1	1	<i>D</i>	3							

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	<i>H</i> (2)	<i>A</i> (3)	<i>Aa</i> (2)
	<i>D</i> (2)	<i>C</i>	<i>Aa</i> ²
	<i>O</i>		<i>Aa</i> ³
	5	4	4
			13

1) Тамъ же, стр. 109.

2) Тамъ же, стр. 142.

старой	$H(2)$ $D(2)$ O	$A(3)$ B	$A\alpha$	Aa^2 $A\alpha a$	Aa^4	
	5	4	1	2	1	13

Въ виду важности вопроса позволяю примѣнить новѣйшій, наиболее чувствительный критерій, о коемъ рѣчь будетъ въ дополнительной замѣткѣ къ этой работѣ.

Съ этою цѣлью прибавлены столбцы, выражающіе величины параметровъ и числа паръ граней соответствующихъ формъ. Раздѣляя послѣднія числа на предыдущія и слагая частныя, мы получимъ число, выражающее *вѣсъ* установки. Правильная установка имѣетъ наибольшій вѣсъ.

Для новой установки найдемъ

параметръ	$\frac{3}{4}$	1	3	3·	4	4·	6	7	7·	9·	13	19·	
число граней	1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	67
вѣсъ	1	6	2	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{6}{5}$	1	$\frac{6}{7}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{6}{13}$	$\frac{3}{10}$	67

Для новой установки найдемъ

параметръ	$\frac{3}{4}$	1	1·	3	3·	4	4·	7	10·	12·	22·	27	
число граней	1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	67
вѣсъ	1	6	3	2	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{6}{7}$	$\frac{6}{11}$	$\frac{6}{13}$	$\frac{6}{23}$	$\frac{6}{27}$	

Это сопоставленіе ясно указываетъ на правильность старой и неправильность новой установки.

Соответственно съ этимъ положеніе точки на диаграммѣ этого минерала должно быть исправлено. Въ параметрахъ дробь $\frac{3}{4}$ всегда принимается за 1-цу.

46. Кордьеритъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_3 : p_1 + p_2 : 2p_1 : -p_1 - p_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

H	1000	001	H	A	210 $\bar{1}$	012	A
—	010 $\bar{1}$	010	H	—	120 $\bar{2}$	021	A
—	0110	110	D	—	1220	111	O
D	0121	100	H	—	2110	114	$Aa\gamma$
—	021 $\bar{1}$	130	Aa	B	142 $\bar{2}$	131	$A\gamma$
—	110 $\bar{1}$	011	D	C	2121	102	A
—	1110	112	C	—	221 $\bar{1}$	134	CB
O	1121	101	D	Aa^2	140 $\bar{4}$	041	Aa^2
—	121 $\bar{1}$	132	\mathfrak{A}	—	1440	221	B

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	$H(3)$ $D(4)$ $O(2)$	$A(4)$ B $C(2)$	$Aa^2(2)$	
	9	7	0	2
				18
старой	$H(3)$ $D(3)$ O	$A(3)$ B C \mathfrak{H}	Aa $A\gamma$ CB	Aa^2 $Aa\gamma$
	7	6	3	2
				18

При новой установкѣ этого ромбического минерала уголъ между $(010\bar{1})$ и (0110) $59^\circ 35'$.

47. Мелилитъ. 48. Геленитъ.

Прежняя, кубическая, установка этихъ близкихъ другъ къ другу тетрагональныхъ минераловъ должна считаться правильною.

49. Лейкофанъ. 50. Мелинофанъ.

Прежняя, кубическая, установка этихъ ромбическихъ псевдотетрагональныхъ, близкихъ другъ къ другу, минераловъ должна считаться правильною.

51. Астрофиллитъ.

Прежняя, кубическая, установка этого псевдотетрагонального минерала должна считаться правильною. Въ немъ уголъ между (001) и (111) $81^\circ 30'$, а потому онъ долженъ считаться крайнимъ положительнымъ членомъ въ кубическомъ типѣ и можетъ быть почти поставленъ рядомъ со слюдами.

52. Ильменитъ. 53. Пирофанитъ.

Это два гексагональные минерала столь близки другъ къ другу, что должны разсматриваться вмѣстѣ.

Принявъ за уравненія преобразованія

$$p_1 : p_2 : p_3 = -q_1 + q_4 : q_1 + q_2 + q_4 : -q_2 + q_4$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	010	11 $\bar{2}$ 1	<i>O</i>	+	+	\mathfrak{A}	$\bar{2}3\bar{1}$	21 $\bar{3}$ 0	<i>A</i>	+	—
<i>D</i>	$\bar{1}$ 10	10 $\bar{1}$ 0	<i>H</i>	+	+	<i>Ab</i>	2 $\bar{3}$ 2	5.5.10.1	<i>Aa</i> ² <i>b</i>	+	—
—	101	$\bar{1}\bar{1}$ 22	<i>C</i>	+	+	<i>A\gamma</i>	$\bar{1}$ 31	20 $\bar{1}$ 1	<i>A</i>	+	—
<i>O</i>	111	0001	<i>H</i>	+	+	—	131	22 $\bar{4}$ 5	<i>A\alpha\gamma</i>	+	—
—	$\bar{1}\bar{1}$ 1	$\bar{2}\bar{2}$ 41	<i>B</i>	+	+	$\mathfrak{A}\alpha$	$\bar{4}$ 61	50 $\bar{5}$ 1	<i>Aa</i> ³	+	—
<i>A</i>	021	10 $\bar{1}$ 1	<i>D</i>	+	—	<i>Aa\gamma</i>	$\bar{1}$ 4 $\bar{1}$	5.5. $\bar{1}$ 0.2	<i>A\alpha b</i>	+	—
—	$\bar{1}$ 20	41 $\bar{5}$ 1	<i>Aa\gamma</i>	+	—	<i>CAa</i>	$\bar{3}$ 71	14.2. $\bar{1}$ 6.5	<i>Aa\gamma A\gamma a</i>	+	—
<i>C</i>	121	11 $\bar{2}$ 4	<i>Aa\gamma</i>	+	—						

Отсюда сопоставленіе установокъ:

НОВОЙ	$H(2)$	$A(2)$	Ab	$Aa\gamma$	
	$D(4)$	C	$A\gamma(2)$	CAa	
	$O(4)$	\mathfrak{A}	$\mathfrak{A}\alpha$		
	10	4	4	2	20
старой	$H(4)$	$A(2)$	$Aa\gamma(2)$	Aa^3	$Aa\gamma A\gamma a$
	D	$B(2)$	$A\alpha b$	Aa^2b	
	$O(2)$	$C(2)$	$A\alpha\gamma$		
	7	6	0	4	2
					1
					20

Рѣдко когда съ такою рѣзкостью проявляется преимущество новой, кубической, установки. Мы замѣчаемъ, кромѣ того, что, несмотря на близость комплекса этихъ минераловъ съ гематитомъ, ихъ слѣдуетъ разсматривать какъ гетероморфные, такъ какъ развитіе ихъ формъ приводитъ къ весьма различнымъ установкамъ, что находится также въ соотвѣтствіи и съ проявляемыми физическими свойствами этихъ минераловъ.

54. Группа пироксеновъ.

Вопросъ о правильной установкѣ минераловъ этой обширной группы былъ подробно изслѣдованъ раньше¹⁾, и теперь остается только сослаться на эту работу и напомнить, что установка ромбическихъ пироксеновъ оказывается существенно отличною отъ пироксеновъ моноклинныхъ. Отношенія эти подобны тѣмъ, какія мы встрѣчали между цоизитомъ и клиноцоизитомъ и во многихъ другихъ случаяхъ²⁾. Остались неразсмотрѣнными въ указанномъ мѣстѣ только члены триклинныхъ пироксеновъ.

55. Родонитъ. 56. Фоулеритъ. 57. Бабингтонитъ.

Прежняя, кубическая, установка этихъ весьма близкихъ другъ къ другу триклинныхъ минераловъ должна считаться правильною. Особенно отчетливо развитіе формъ проявилось на первомъ изъ нихъ.

1) Тамъ же, стр. 63 и сл.

2) Подробное разъясненіе этихъ соотношеній нахо-

дится въ «Курсѣ кристаллографіи» автора (XV глава 3-го изданія).

58. Группа амфибола.

Вопросъ о правильной установкѣ минераловъ этой обширной группы былъ уже подробно разработанъ раньше¹⁾. Впрочемъ, далеко не всѣ члены этой группы достаточно извѣстны въ отношеніи развитія формъ. Но относительно извѣстныхъ получился тотъ результатъ, что это весьма отрицательные члены гипогексагональнаго типа.

59. Бериллъ.

Вопросъ о правильной установкѣ этого минерала подвергся обстоятельному изслѣдованію раньше²⁾. Результатомъ этого изслѣдованія было выясненіе необходимости выдѣлить типъ гипогексагональный. Въ этомъ типѣ мыслимъ случай, когда эллипсоидъ сингоніи есть шаръ, и вотъ бериллъ и подходит весьма близко къ этому случаю гексагональноизотропнаго кристалла. Такой кристаллъ раздѣляетъ на діаграммѣ положительные члены отъ отрицательныхъ, какъ на общей діаграммѣ кристалловъ кубическаго типа такимъ раздѣляющимъ центральнымъ пунктомъ являются кристаллы кубической сингоніи.

60. Группа полевыхъ шпатовъ.

Вопросъ о правильной установкѣ этого ряда минераловъ подвергся раньше подробному изслѣдованію³⁾. На общую діаграмму нанесены результаты, вытекшіе изъ этого изслѣдованія.

61. Группа скаполита.

Вопросъ о правильной установкѣ минераловъ этой группы подвергся изслѣдованію уже раньше⁴⁾. На общую діаграмму нанесены результаты согласно этому изслѣдованію.

62. Ейдидимитъ.

Если примемъ за уравненія преобразования

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 5p_3 : p_1 + 3p_2 : 2p_1 : p_1 - 3p_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	001	<i>H</i>	<i>B</i>	1242	10.0.1	<i>Aa</i> ⁸
—	010 $\bar{1}$	010	<i>H</i>	—	12 $\bar{2}$ 4	$\bar{5}$ 51	<i>Aa</i> ^{2b}
—	0110	310	<i>Aa</i>	<i>C</i>	2121	502	<i>A\alpha\alpha</i>
<i>O</i>	121 $\bar{1}$	552	<i>A\alpha b</i>	<i>Aa\gamma</i>	421 $\bar{1}$	335	<i>A\alpha c</i>
—	1 $\bar{1}$ 2 $\bar{1}$	$\bar{5}$ 01	<i>Aa</i> ⁸	<i>A\alpha\gamma</i>	542 $\bar{2}$	111	<i>O</i>
<i>A</i>	120 $\bar{2}$	0.10.3	<i>Aa\alpha a</i> ²	<i>A\alpha a\gamma</i>	72 $\bar{2}$ 4	$\bar{3}$ 34	<i>A\alpha c</i>

1) Тамъ же, стр. 118 и сл.

2) Тамъ же, стр. 89 и др.

3) Тамъ же, стр. 51 и сл.

4) Тамъ же, стр. 57.

Отсюда сопоставленіе установокъ:

	новой	$H(3)$ $O(2)$	A $B(2)$ C	$Aa\gamma$ $A\alpha\gamma$	$A\alpha\alpha\gamma$		
		5	4	2	1	12	
старой	$H(2)$ O	Aa	Aac $A\alpha a$ $A\alpha b$ $A\alpha c$	Aa^3 Aa^2b	$A\alpha\alpha a^2$	Aa^8	
		3 0 1	4	2	1	1	12

При новой установкѣ этотъ моноклинный минералъ является рѣзко положительнымъ, что находится въ полномъ соотвѣтствіи съ его пластинчатымъ видомъ и совершенною спайностью по (1000); уголъ между (010 $\bar{1}$) и (0110) почти ровно 60°.

63. Епидидимитъ.

Если для ромбической разности того же химическаго состава, что и у предыдущаго минерала, примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_3 : p_1 + p_2 : 2p_2 : -p_1 + p_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

H	1000	001	H	A	032 $\bar{1}$	210	A
—	010 $\bar{1}$	100	H	—	210 $\bar{1}$	102	A
—	0110	110	D	—	120 $\bar{2}$	201	A
D	0121	010	H	—	1220	111	O
—	021 $\bar{1}$	310	Aa	Aa	310 $\bar{1}$	103	Aa
—	110 $\bar{1}$	101	D	$A\alpha$	320 $\bar{2}$	203	$A\alpha$
				$A\alpha^2a$	830 $\bar{3}$	308	$A\alpha^2a$

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	$H(3)$ $D(3)$	$A(4)$	Aa $A\alpha$	$A\alpha^2a$		
	6	4	2	1	13	
старой	$H(3)$ $D(2)$ O	$A(3)$	$Aa(2)$ $A\alpha$	$A\alpha^2a$		
	6	3	3	1	13	

При новой установкѣ уголъ между (010 $\bar{1}$) и (0110) 60° 4'. Отличіе этого минерала

сводится главнымъ образомъ къ укороченію вдвое главной, гипогексагональной, оси — от-
ношеніе, уже часто проходившее предъ нашими глазами.

64. Титанитъ.

Если принять за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + p_3 : p_3 : -p_1$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	<i>BA</i>	3145	534	<i>AγC</i>
—	0110	001	<i>H</i>	—	5143	554	<i>AγC</i>
—	0101	100	<i>H</i>	<i>B²</i>	2945	524	<i>B²</i>
<i>D</i>	1101	110	<i>D</i>	<i>CA</i>	1642	214	<i>CA</i>
—	1110	011	<i>D</i>	—	2541	124	<i>CA</i>
—	0211	101	<i>D</i>	—	4132	243	<i>C²</i>
—	0011	101	<i>D</i>	<i>αa</i>	1963	316	<i>αa</i>
—	1011	111	<i>O</i>	<i>Aa²</i>	4110	041	<i>Aa²</i>
<i>O</i>	1211	111	<i>O</i>	<i>Aαα</i>	0143	304	<i>Aαα</i>
—	1121	112	<i>C</i>	<i>Aab</i>	4154	445	<i>Aa²c</i>
—	1112	211	<i>C</i>	<i>Aaγ</i>	1541	114	<i>Aaγ</i>
<i>A</i>	2110	021	<i>A</i>	—	4112	241	<i>CA</i>
—	0312	201	<i>A</i>	<i>Aαa</i>	0752	205	<i>Aαa</i>
—	0321	102	<i>A</i>	<i>Aαβ</i>	5385	558	<i>Aα²c</i>
<i>B</i>	2312	221	<i>B</i>	<i>AbB</i>	3.13.6.7	736	<i>AbB</i>
—	2132	223	<i>Ac</i>	<i>AcA</i>	7642	274	<i>AcA</i>
<i>B</i>	1422	212	<i>B</i>	<i>AγA</i>	5321	152	<i>AγA</i>
—	2321	122	<i>B</i>	<i>CAa</i>	7431	173	<i>CAa</i>
<i>C</i>	1321	112	<i>C</i>	<i>CBa</i>	4981	148	<i>CBa</i>
—	2112	221	<i>B</i>	<i>Aa²γ</i>	1651	115	<i>Aa²γ</i>
—	1123	312	<i>α</i>	—	5211	151	<i>Aa²γ</i>
<i>α</i>	3123	332	<i>Aβ</i>	<i>Aααb</i>	7.3.10.7	7.7.10	<i>Aααac</i>
—	3321	132	<i>α</i>	<i>Aαa²</i>	2707	720	<i>Aαa²</i>
—	3132	233	<i>Aβ</i>	<i>Aααα</i>	0257	705	<i>Aααα</i>
<i>Aa</i>	1303	310	<i>Aa</i>	<i>Aα²a</i>	8330	083	<i>Aα²a</i>
—	3101	130	<i>Aa</i>	<i>AγAγ</i>	3.10.8.2	238	<i>AγAγ</i>
<i>Ab</i>	3413	331	<i>Ab</i>	—	8352	285	<i>AβA</i>
—	3143	334	<i>Aac</i>	<i>CAbc</i>	15.16.9.7	7.15.9	<i>CAbc</i>
<i>Aβ</i>	3253	335	<i>Aβ</i>	<i>Aa³b</i>	6716	661	<i>Aa³b</i>
<i>Ac</i>	3422	232	<i>Ac</i>	<i>Aa⁴c</i>	6.13.6.7	766	<i>Aa⁴c</i>
<i>Aγ</i>	3211	131	<i>Aγ</i>	<i>AaγAαa</i>	17.9.81	1.17.8	<i>AaγAαa</i>
—	3121	132	<i>α</i>	<i>Aa⁵γ</i>	8121	182	<i>Aa⁴γA</i>
				<i>Aa⁷b</i>	10.11.10.1	1.10.10	<i>Aa⁷b</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

НОВОЙ	$H(3)$	$A(3)$	$Aa(2)$	Aa^2	$Aa^2\gamma(2)$	Aa^3b	Aa^4c	
	$D(5)$	$B(4)$	$Ab(2)$	$Aa\alpha$	$Aa\alpha b$		$Aa\gamma A\alpha\alpha$	
	$O(3)$	$C(4)$	$A\beta$	Aab	$A\alpha\alpha\alpha$		$Aa^5\gamma$	
		$\mathfrak{A}(3)$	Ac	$Aa\gamma(2)$	$A\alpha^2a$		Aa^7b	
			$A\gamma(2)$	$A\alpha\alpha$	$A\gamma A\gamma(2)$			
			$BA(2)$	$A\alpha\beta$	$CAbc$			
			B^2	AbB				
			$CA(3)$	AcA				
			$\mathfrak{A}a$	$A\gamma A$				
				CAa				
				CBa				
	11	14	15	12	8	1	4	65
старой	$H(3)$	$A(3)$	$Aa(2)$	Aa^2	Aa^2c	Aa^3b	Aa^4c	
	$D(4)$	$B(4)$	Ab	$Aa\alpha$	$Aa^2\gamma(2)$	$Aa\alpha\alpha c$	$Aa\gamma A\alpha\alpha$	
	$O(2)$	$C(3)$	$A\beta(3)$	Aac	$A\alpha\alpha^2$		$Aa^4\gamma A$	
		$\mathfrak{A}(3)$	$Ac(2)$	$Aa\gamma$	$A\alpha\alpha\alpha$		Aa^7b	
			$A\gamma$	$A\alpha\alpha$	$A\alpha^2a$			
			B^2	AbB	$A\alpha^2c$			
			$CA(3)$	$A\beta A$	$A\gamma A\gamma$			
			C^2	AcA	$CAbc$			
			$\mathfrak{A}a$	$A\gamma A$				
				$A\gamma C(2)$				
				CAa				
				CBa				
	9	13	15	13	9	2	4	65

При новой установкѣ уголъ между $(010\bar{1})$ и (0110) $60^\circ 17'$. Но особенно замѣчательно сильное уменьшеніе ассиметріи. вмѣсто угла $29^\circ 43'$ между горизонтальною плоскостью и гранью (001) , служащаго мѣрою ассиметріи при старой установкѣ, теперь этою мѣрою служить уголъ $4^\circ 37'$ между горизонтальною плоскостью и гранью (0121) .

65. Иттротитанитъ.

Этотъ минераль по угламъ комплекса и развитію формъ почти совпадаетъ съ предыдущимъ; но въ немъ были опредѣлены только формы (100) , (001) , (110) , $(\bar{1}01)$, (111) , $(\bar{1}\bar{1}1)$ и $(\bar{1}\bar{1}2)$, которыя при новой установкѣ получаютъ соотвѣтственно символы $(010\bar{1})$, (0110) , $(110\bar{1})$, (0011) , $(121\bar{1})$, (1011) , (1121) , то есть какъ разъ все формы I періода.

Въ такихъ случаяхъ особенно важно примѣненіе новѣйшаго критерія (стр. 123).

Составляемъ табличку:

<i>H</i>	010 $\bar{1}$	1	100	1	<i>H</i>	1
—	0110	1	001	1	<i>H</i>	1
—	0011	1	$\bar{1}01$	2	<i>D</i>	1
<i>D</i>	110 $\bar{1}$	1	110	2	<i>D</i>	2
—	1011	1	$\bar{1}11$	3	<i>O</i>	2
<i>O</i>	121 $\bar{1}$	3	111	3	<i>O</i>	2
—	1121	3	$\bar{1}12$	6	<i>C</i>	2

Отсюда для новой установки:

параметръ	1	1	3	
число граней	3	4	4	11
вѣсь	3	2	1	

для старой установки:

параметръ	1	2	3	6	
число граней	2	3	4	2	11
вѣсь	2	$\frac{3}{2}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{1}{3}$	

Преимущество новой установки ясно.

66. Петалитъ.

Вопросъ о правильной установкѣ этого моноклиннаго минерала былъ подробно изслѣдованъ раньше¹⁾. Была показана принадлежность къ гипогексагональному типу.

67. Миларитъ.

Прежняя, гипогексагональная, установка этого псевдогексагональнаго минерала должна считаться правильною.

68. Нептунитъ.

Если принять за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + 2p_3 : 2p_3 : -p_1$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	<i>O</i>	1121	$\bar{1}11$	<i>O</i>
—	0110	001	<i>H</i>	—	121 $\bar{1}$	221	<i>B</i>
—	010 $\bar{1}$	100	<i>H</i>	<i>A</i>	0 $\bar{1}23$	$\bar{3}01$	<i>A</i>
—	0011	$\bar{2}01$	<i>A</i>	<i>C</i>	132 $\bar{1}$	111	<i>O</i>
<i>D</i>	110 $\bar{1}$	110	<i>D</i>	<i>Aa\gamma</i>	1 $\bar{1}45$	$\bar{5}13$	<i>A\gamma A</i>

1) Тамъ же, стр. 141.

Отсюда сопоставленіе установокъ

НОВОЙ	$H(4)$ D $O(2)$	A C	$Aa\gamma$	старой	$H(3)$ D $O(2)$	$A(2)$ B	$A\gamma A$	
	7	2	1	10	6	3	1	10

При новой установкѣ уголъ между $(010\bar{1})$ и (0110) $64^\circ 22'$. Также значительно уменьшается величина ассиметріи. Въмѣсто угла $25^\circ 38'$ между горизонтальною плоскостью и гранью (001) теперь эта величина измѣряется разностью между прямымъ угломъ и угломъ между $(0\bar{1}01)$ и (0011) то есть всего немного свыше градуса. При новой установкѣ минералъ можетъ разсматриваться какъ псевдоромбическій.

69. Томсонитъ.

Прежняя, кубическая, установка этого ромбического псевдокубического минерала должна считаться правильною.

70. Натролитъ.

Прежняя, кубическая, установка этого ромбического (или моноклинного псевдоромбического) минерала должна считаться правильною. При этой установкѣ онъ является псевдотетрагональнымъ въ болѣе широкомъ смыслѣ слова и притомъ крайнимъ отрицательнымъ членомъ класса, что вполне согласуется съ его физическими свойствами.

71. Сколецитъ.

Прежняя, кубическая, установка этого моноклинного минерала должна считаться правильною. Онъ во многихъ отношеніяхъ стоитъ близко къ предыдущему.

72. Апофиллитъ.

Прежняя, кубическая, установка этого тетрагонального минерала должна считаться правильною. При этой установкѣ онъ является минераломъ съ рѣзко выраженнымъ положительнымъ характеромъ, что вполне согласуется съ его свойствами.

73. Гейландитъ (листоватый цеолитъ по Мейеру и Вернеру).

Принявъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_3 : p_1 + p_2 : 2p_1 : p_1 - p_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

H	1000	$\frac{3}{4}$	001	1	H	1	D	$10\bar{1}\bar{1}$	1	$\bar{1}12$	6	C	2
—	$010\bar{1}$	1	010	1	H	1	O	1121	3	101	2	D	1
—	0110	1	110	2	D	2	—	$1\bar{1}2\bar{1}$	3	$\bar{1}01$	2	D	1
D	0121	3	100	1	H	1	A	$10\bar{2}\bar{2}$	4	$\bar{1}11$	3	O	2
—	$110\bar{1}$	1	011	2	D	2							

Изъ этого сопоставленія никакого особаго преимущества новой установки этого моноклиннаго минерала не усматривается. Но оно станетъ яснымъ, если принять во вниманіе, что при прежней, кубической, установкѣ этотъ минералъ былъ очень рѣзкимъ отрицательнымъ, что совершенно не соотвѣтствуетъ его физическимъ свойствамъ, тогда какъ при новой этотъ минералъ становится рѣзко положительнымъ, и притомъ сильно удлиненнымъ не по направленію главной, гипогексагональной, оси, а по направленію, перпендикулярному къ грани $(010\bar{1})$, и какъ разъ по этой грани онъ является пластинчатымъ и обладаетъ совершенною спайностью.

Оно ясно и при примѣненіи новаго критерія. Получаемъ

для новой установки

параметръ	$\frac{3}{4}$	1	1	3	3	4	
число граней	1	3	4	1	2	2	13
вѣсъ	1	3	2	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{5}$	

для старой установки:

параметръ	1	2	3	6	
число граней	3	6	2	2	13
вѣсъ	3	3	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$	

74. Епистильбитъ.

Прежняя, кубическая, установка этого моноклиннаго псевдоромбическаго минерала должна считаться правильною.

75. Десминъ.

Прежнюю, кубическую, установку этого псевдоромбическаго минерала слѣдуетъ считать правильною.

76. Филлипситъ.

Если принять за уравненія преобразованія

$$p'_1 : p'_2 : p'_3 = p_1 - p_2 + p_3 : p_1 + p_2 + p_3 : -2p_1$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	010	011	<i>D</i>	<i>D</i>	01 $\bar{1}$	110	<i>D</i>
—	001	$\bar{1}01$	<i>D</i>	<i>C</i>	11 $\bar{2}$	100	<i>H</i>
<i>D</i>	110	001	<i>H</i>	α	$\bar{1}3\bar{2}$	120	<i>A</i>
—	$\bar{1}10$	010	<i>D</i>	<i>A\alpha c</i>	33 $\bar{5}$	501	<i>Aa^3</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ

новой	$H(2)$ $D(3)$	C \mathfrak{A}	$A\alpha c$	старой	$H(2)$ $D(4)$	A	Aa^3
	5	2	1 8		6	1	1 8

Какъ видимъ отсюда, непосредственное сравненіе не даетъ возможности сдѣлать опредѣленнаго заключенія: одна форма I періода перешла во II, и одна форма V періода перешла въ IV. Вообще результатъ получается скорѣе неблагопріятный для новой установки. Но если мы примемъ во вниманіе, что именно при новой установкѣ комплексъ этого моноклиннаго минерала становится въ тѣсномъ смыслѣ слова псевдокубическимъ, то придется отнестись иначе. Въ самомъ дѣлѣ, при новой установкѣ уголъ между (100) и (010) $90^\circ 44'$; уголъ между (001) и (110) $88^\circ 38'$; уголъ между (111) и (100) $54^\circ 37'$, а уголъ между (111) и (001) $54^\circ 9'$. Другими словами, новая установка въ совершенно необыкновенной мѣрѣ понижаетъ ассиметрію комплекса, доводя его почти до полной одинаковости съ комплексомъ кубическимъ, тогда какъ при прежней установкѣ ассиметрія измѣрялась угломъ $34^\circ 29'$ между горизонтальною плоскостью и гранью (001). Въ прежнемъ представленіи о комплексѣ онъ былъ въ весьма высокой степени ассиметриченъ; въ новомъ представленіи онъ едва отличается отъ кубическаго. Едва ли стоитъ подчеркивать, что только это новое представленіе гармонируетъ со всѣмъ минералогамъ хорошо извѣстными свойствами этого минерала, и особенно тѣми замѣчательными крестообразными сростаніями его, какъ бы составленными изъ сросшихся ромбическихъ додекадровъ, что и выражается новыми символами.

77. Гармотомъ.

Этотъ минералъ стоитъ такъ близко къ предыдущему, что ихъ нужно было бы разсматривать совмѣстно. Но въ этомъ минералѣ наблюдалось нѣсколько формъ со сложными символами, подлежащими сомнѣнію. И вотъ, помимо установленія псевдокубическаго комплекса и полного соотвѣтствія этого комплекса съ физическими свойствами и законами сростаній индивидовъ этого минерала, едва ли нельзя увидѣть преимущества новой установки въ томъ, что она указываетъ съ особенною отчетливостью на тѣ простыя формы, по отношенію къ которымъ наблюденныя сложныя являются вѣщными.

Форма (702) при новой установкѣ получитъ символъ $(99\overline{14})$, то есть оказывается весьма близкою къ $(22\overline{3})$; форма (520) при новой установкѣ получитъ символъ $(3.7.\overline{10})$, то есть станетъ очень близкою къ $(25\overline{7})$, а отчасти даже къ $(12\overline{3})$; наконецъ, форма (410) при новой установкѣ получитъ символъ $(35\overline{8})$ и станетъ близкою къ $(23\overline{5})$.

78. Шабазитъ. 79. Гмелинитъ.

Прежняя, гипогексагональная, установка этихъ близкихъ другъ къ другу гексагональныхъ минераловъ должна считаться правильною. Главный ромбоэдръ этихъ минераловъ

приближается къ кубу, что указываетъ на близость частичнаго строенія этого минерала къ предыдущимъ, но въ то же время и на его гетероморфность.

80. Ломонитъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = p_2 : p_1 + p_3 : p_3 : -p_1$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	<i>D</i>	021 $\bar{1}$	101	<i>D</i>
—	010 $\bar{1}$	100	<i>H</i>	<i>O</i>	1121	$\bar{1}$ 12	<i>C</i>
—	0011	$\bar{1}$ 01	<i>D</i>	<i>A</i>	0 $\bar{2}$ 13	$\bar{3}$ 01	<i>Aa</i>
<i>D</i>	0110	001	<i>H</i>	<i>C</i>	132 $\bar{1}$	112	<i>C</i>
—	110 $\bar{1}$	110	<i>D</i>				

Отсюда сопоставленіе установокъ:

НОВОЙ	$H(5)$	A	старой	$H(3)$	$C(2)$	Aa
	D	C		$D(3)$		
	O					
<hr/>			<hr/>			
	7	2	9	6	2	1 9

При новой установкѣ этого минерала уголъ между (010 $\bar{1}$) и (0011) 64° 20'. Но особенно замѣчательно пониженіе ассиметричности, дѣлающее минераль при новой установкѣ псевдоромбическимъ. Въмѣсто угла 21° 14' между горизонтальною плоскостью и гранью (001) при прежней установкѣ, при новой мѣрою ассиметріи будетъ служить разность между прямымъ угломъ и угломъ между (0011) и 021 $\bar{1}$), то есть уголъ 1° 53'.

81. Жисмондинъ.

Прежняя, кубическая, установка этого ромбическаго псевдотетрагональнаго минерала должна считаться правильною.

82. Эвдіалитъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$p_1 : p_2 : p_3 = q_1 + q_4 : q_1 + q_2 + q_4 : -q_2 + q_4$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	010	11 $\bar{2}$ 1	<i>O</i>	<i>B</i>	212	$\bar{1}$ $\bar{1}$ 25	<i>Aa</i> ² γ
<i>D</i>	$\bar{1}$ 10	10 $\bar{1}$ 0	<i>H</i>	<i>C</i>	$\bar{1}$ 2 $\bar{1}$	11 $\bar{2}$ 0	<i>D</i>
—	101	$\bar{1}$ $\bar{1}$ 22	<i>C</i>	—	121	11 $\bar{2}$ 4	<i>Aa</i> γ
<i>O</i>	111	0001	<i>H</i>	<i>A</i> γ	$\bar{1}$ 31	20 $\bar{2}$ 1	<i>A</i>
—	1 $\bar{1}$ 1	$\bar{2}$ 241	<i>B</i>	<i>Aa</i> γ	141	11 $\bar{2}$ 2	<i>C</i>
<i>A</i>	021	10 $\bar{1}$ 1	<i>D</i>	<i>CBa</i>	$\bar{4}$ 8 $\bar{1}$	52 $\bar{7}$ 1	<i>A</i> γ <i>A</i>
—	$\bar{1}$ 20	41 $\bar{5}$ 1	<i>Aa</i> γ	<i>Aa</i> ³ γ	161	5.5. $\bar{1}$ 0.8	<i>A</i> α ² <i>c</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

новой	H $D(2)$ $O(2)$	$A(2)$ B $C(2)$	$A\gamma$	$Aa\gamma$ CBa	$Aa^3\gamma$	
	5	5	1	2	1	14
старой	$H(2)$ $D(2)$ O	A B $C(2)$		$Aa\gamma(2)$ $A\gamma A$	$Aa^3\gamma$ Aa^3c	
	5	4	0	3	2	14

При этой установкѣ комплексъ эвдіалита представляется близкимъ къ кубическому.

83. Эшинитъ.

Принявъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_3 : p_1 + p_2 : 2p_1 : p_1 - p_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

H	1000	001	H	D	1110	111	O
—	010 $\bar{1}$	010	H	—	110 $\bar{1}$	021	A
—	0110	110	D	A	032 $\bar{1}$	120	A
D	0121	100	H	C	2121	101	D
—	021 $\bar{1}$	130	Aa	Aa	043 $\bar{1}$	350	Aa^2

Отсюда сопоставленіе установокъ:

НОВОЙ	$H(3)$ $D(4)$	A C	Aa	старой	$H(3)$ $D(2)$ O	$A(2)$	Aa	$A\alpha^3$	
	7	2	1	10	6	2	1	1	10

При новой установкѣ уголъ между (010 $\bar{1}$) и (0110) въ этомъ ромбическомъ минералѣ 64° 17'.

84. Эйксенитъ.

Принявъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_3 : p_1 + p_2 : 2p_1 : p_1 - p_2$$

составимъ слѣдующую табличку:

H	010 $\bar{1}$	1	010	1	H	1	D	0121	3	100	1	H	1
—	0110	1	110	2	D	2	—	1110	1	111	3	O	4
							O	1121	3	201	5	A	2

Хотя результатъ и довольно отчетливъ, но въ виду недостаточнаго числа формъ желательно подтвержденіе новой установки. При ней уголъ между $(010\bar{1})$ и (0110) въ этомъ ромбическомъ минералѣ $70^\circ 0'$.

Примѣняя новѣйшій критерій, найдемъ

для новой установки					для старой установки				
параметръ	1	1	3	3	1	2	3	5	
число граней	3	4	1	2	2	2	4	2	10
вѣсъ	3	2	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	2	1	$\frac{4}{3}$	$\frac{2}{5}$	

Результатъ настолько рѣзокъ, что установку можно считать утвержденною.

85. Куспидинъ.

Если примемъ за уравненія преобразованія

$$q_0 : q_1 : q_2 : q_3 = 2p_2 : p_1 + p_3 : 2p_1 : p_1 - p_3$$

составимъ слѣдующую табличку:

<i>H</i>	1000	010	<i>H</i>	<i>O</i>	121 $\bar{1}$	113	<i>A\gamma</i>
—	010 $\bar{1}$	001	<i>H</i>	—	11 $\bar{1}2$	$\bar{1}13$	<i>A\gamma</i>
—	0110	101	<i>D</i>	<i>A</i>	120 $\bar{2}$	014	<i>Aa^2</i>
—	00 $\bar{1}1$	$\bar{1}01$	<i>D</i>	—	210 $\bar{1}$	011	<i>D</i>
<i>D</i>	110 $\bar{1}$	112	<i>A</i>	—	20 $\bar{1}1$	$\bar{1}21$	<i>A</i>
—	021 $\bar{1}$	103	<i>Aa</i>	<i>C</i>	2121	110	<i>D</i>
—	1110	111	<i>O</i>	\mathfrak{A}	2341	211	<i>C</i>
—	10 $\bar{1}1$	$\bar{1}11$	<i>O</i>	<i>Ab</i>	3 $\bar{1}43$	$\bar{4}32$	<i>C^2</i>
				\mathfrak{A}_α	654 $\bar{1}$	233	<i>A\beta</i>

Отсюда сопоставленіе установокъ:

НОВОЙ	$H(4)$	$A(3)$	Ab	старой	$H(2)$	$A(2)$	Aa	Aa^2	
	$D(4)$	C	$\mathfrak{A}\alpha$		$D(4)$	C	$A\beta$		
	$O(2)$	\mathfrak{A}			$O(2)$		$A\gamma(2)$		
							C^2		
	10	5	2	17	8	3	5	1	17

При новой установкѣ этого моноклиннаго минерала уголъ между $(010\bar{1})$ и (0110) $69^\circ 44'$.

X-й КЛАССЪ.

Органическіе минералы.

Окристаллизованные однородные представители этого класса извѣстны въ видѣ исключенія.

Здѣсь приходится отмѣтить всего 2 минерала.

1. Уевеллитъ.

Принявъ за уравненія преобразованія

$$p_1' : p_2' : p_3' = 2p_1 : 2p_2 : p_3$$

составимъ слѣдующую табличку, изъ которой, ради краткости, исключены всѣ формы вертикальнаго пояса, для котораго $p_3 = 0$.

D	011	2	012	5	A	2	A	012	5	014	17	Aa^2	2
—	101	2	102	5	A	2	—	021	5	011	2	D	2
O	111	3	112	6	C	4	—	$\bar{2}01$	5	$\bar{1}01$	2	D	2
							$A\gamma$	$\bar{1}31$	6	$\bar{1}32$	14	\mathfrak{A}	4

Отсюда сопоставленіе установокъ:

НОВЫЙ	$D(2)$ O	$A(3)$	$A\gamma$	старой	$D(2)$	$A(2)$ C \mathfrak{A}	Aa^2
	3	3	1	7	2	4	0
				7			1

Преимущество новой, также кубической, установки этого моноклиннаго минерала вполне отчетливо. Но оно станетъ еще отчетливѣе при примѣненіи новѣйшаго критерія, какъ видно изъ таблички:

параметръ	2	3	5	6		2	5	6	14	17	
число граней	4	4	6	4	18	4	4	4	4	2	18
вѣсъ	2	$\frac{4}{3}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{2}{3}$		2	$\frac{4}{5}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{2}{17}$	

2. Меллитъ.

Прежняя, кубическая, установка этого тетрагональнаго минерала должна считаться правильною.

Составленный списокъ обнимаетъ въ себѣ 455 подробно изслѣдованныхъ кристаллическихъ индивидовъ минеральнаго царства (за одинъ индивидъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ

идутъ цѣлыя группы минераловъ, какъ то слюды, полевые шпаты и пр.), для которыхъ на довольно серьезныхъ основаніяхъ могла быть опредѣлена правильная кристаллическая установка. Этотъ матеріалъ можетъ быть съ нѣкоторымъ успѣхомъ использованъ какъ статистическій матеріалъ для отысканія нѣкоторыхъ общихъ законностей, связующихъ формы кристалловъ и ихъ свойства, а также послужить матеріаломъ по молекулярной статикѣ, то есть быть способнымъ дать указанія на то, на что слѣдуетъ обращать преимущественное вниманіе при разработкѣ вопросовъ молекулярной статики.

Попыткой воспользоваться этимъ матеріаломъ для указанныхъ цѣлей мы и закончимъ этотъ нашъ трудъ. Ради наглядности мы выставимъ тѣ вопросы, отвѣта на которые мы ищемъ въ этомъ матеріалѣ.

1. Имѣется ли близость въ комплексахъ всѣхъ вообще кристалловъ?

Можетъ быть этого вопроса и вовсе не слѣдовало бы ставить, если бы по почину французскаго минералога Mallard этотъ вопросъ не считался нѣкоторыми учеными какъ бы предрѣшеннымъ, и притомъ безъ видимыхъ серьезныхъ основаній для этого. Этимъ ученымъ была выражена мысль, что всѣ вообще комплексы кристаллическихъ тѣлъ псевдокубическіе, а за нимъ нѣкоторые ученые приняли эту мысль какъ бы за непреложную истину¹⁾.

Авторъ уже имѣлъ случай доказать несправедливость этого утвержденія²⁾, но теперь передъ нами развертывается столь обширный матеріалъ, безусловно отвергающій всякій намекъ на какое-либо приближеніе къ этому взгляду, что самое предрѣшеніе этого вопроса представляется въ высшей степени страннымъ и противорѣчащимъ опыту, который указываетъ намъ на самый широкій размахъ измѣненій комплекса, начиная отъ такихъ крайнихъ положительныхъ, какъ слюды, кончая такими крайними отрицательными, какъ миллеритъ.

Однако, одинъ взглядъ на составленныя діаграммы достаточенъ для того, чтобы видѣть, что всѣ вообще кристаллы приближаются или къ псевдотетрагональнымъ, или къ псевдогексагональнымъ.

Это значить, что, или 1) имѣется особая ось, и въ такомъ случаѣ она близка къ перпендикулярности къ плоскости другихъ осей, двухъ въ кристаллахъ кубическаго и трехъ въ кристаллахъ гипогексагональнаго типа, или 2) всѣ три оси (въ кубическомъ типѣ) приближаются къ равенству и равнонаклоненію.

Діаграммы диктуютъ намъ, что крайними отклоненіями въ этомъ отношеніи являются мирабилитъ, ланаркитъ, амфиболъ, діопсидъ и вивіанитъ (не считая триклинныхъ).

На этотъ выводъ мы должны смотрѣть какъ на выраженіе весьма общаго закона, вытекающаго изъ взаимодействія частицъ.

1) Bulletin de la Soc. minéralog. de France, 1884, VII, pp. 349 и сл. Въ этомъ трудѣ, послужившемъ основаніемъ взглядовъ въ этомъ родѣ, даже не затронутъ вопросъ о развитіи формъ. Къ этимъ взглядамъ примкнулъ Ю. В. Вульфъ «Къ вопросу о скоростяхъ

роста» стр. 36 и сл., Wallerant (Bull. de la Soc. fr. de Minéral. 1901, XXIV, p. 162) и др.

2) Beitrag zur Syngonielehre. Zeitschrift für Krystallographie 28, 52 ff.

2. Какой типъ болѣе распространенъ, кубическій или гипогексагональный?

Отвѣтъ на этотъ вопросъ дается нижеслѣдующей табличкой, въ коей подсчитано число разобранныхъ случаевъ кристалловъ по типу и по классу минераловъ, и притомъ въ кубическомъ типѣ первое число означаетъ число кристалловъ кубической сингоніи.

Т И П Ы.

Классъ.	Кубическій.				Гипогексагональный.		‰.
I	13	+	6	всего	19	2	10
II	44	+	22	»	66	27	29
III	6	+	17	»	23	10	30
IV	15	+	9	»	24	7	23
V	2	+	17	»	19	11	37
VI	4	+	21	»	25	23	42
VII	16	+	4	»	20	3	13
VIII	3	+	29	»	32	36	53
IX	22	+	39	»	61	45	42 ¹ / ₂
X	0	+	2	»	2	0	0
125 + 166					291	164	

Эта табличка поучительна во многихъ отношеніяхъ. *Во-первыхъ*, она показываетъ намъ дѣйствительно большую распространенность кристалловъ кубической сингоніи посреди тѣхъ столь простаго химическаго состава, каково большинство минераловъ. Что кристаллизація въ формахъ этой сингоніи именно связана съ простотою химическаго состава, видно изъ того, что въ тѣхъ классахъ, гдѣ большинство минераловъ имѣетъ болѣе простой химическій составъ, и процентное содержаніе такихъ кристалловъ наибольшее. Это относится къ I классу, то есть самымъ химическимъ элементамъ, ко II классу, т. е. сѣрнистымъ и тому подобнымъ соединеніямъ, къ IV классу, въ коемъ много простыхъ галогидныхъ соединеній, наконецъ къ группѣ шпинелей VII класса. Однако, пока нѣтъ видимыхъ признаковъ, по которымъ мы могли бы признать особую простоту химическаго состава гранатовъ, минераловъ группы содалита или напр. квасцовъ. Пока мы имѣемъ изъ опыта только неопредѣленные и неясныя указанія, но ничего, что бы могло быть сформулировано въ видѣ строгаго закона.

Во-вторыхъ, изъ нея слѣдуетъ, что кристаллы кубическаго типа посреди минераловъ встрѣчаются значительно, почти вдвое чаще, чѣмъ кристаллы гипогексагональнаго типа. Но если исключить кристаллы кубической сингоніи, то оба типа будутъ представлены въ минералахъ почти одинаково.

Наконецъ, *въ третьихъ*, процентъ гипогексагональныхъ кристалловъ, за исключеніемъ I и VII классовъ, въ которыхъ замѣчается особое преобладаніе кристалловъ кубической сингоніи (X классъ, конечно, вовсе нельзя считать), варьируетъ въ не особенно широкихъ предѣлахъ отъ 23 до 53; а если исключимъ изъ разсмотрѣнія и IV классъ, въ коемъ кри-

сталлы кубической сингоніи также значительно преобладаютъ, то предѣлы эти сократятся до 29 до 53. Наибольшій процентъ гипогексагональныхъ кристалловъ падаетъ на фосфаты, сульфаты и силикаты, то есть вообще на наиболѣе сложныя химическія соединенія.

3. *Представляютъ ли кристаллы непрерывный рядъ переходовъ между кубическимъ и гипогексагональнымъ типомъ?*

Простой бѣглый взглядъ на составленныя діаграммы даетъ отрицательный отвѣтъ на этотъ вопросъ. Мы видимъ, что громадное большинство кристалловъ вмѣстѣ съ принадлежностью къ опредѣленному типу проявляютъ одновременно тенденцію въ своихъ главныхъ характерныхъ углахъ приблизиться къ опредѣленнымъ величинамъ: въ кристаллахъ кубическаго типа — къ углу 45° , а въ кристаллахъ гипогексагональнаго типа — къ углу 30° . Только весьма небольшое число кристалловъ сколько-нибудь рѣзко уклоняется отъ этихъ величинъ, и притомъ уклоненіе это въ кристаллахъ кубическаго типа слабѣе, а въ кристаллахъ гипогексагональнаго типа рѣзче, но притомъ въ сторону, противоположную приближенію къ первымъ, характерный уголъ въ 30° не увеличивается, приближаясь къ 45° , а еще болѣе уменьшается.

Разсмотримъ крайнія уклоненія отъ нормальныхъ типовъ по классамъ.

Въ I классѣ и кубическомъ типѣ нѣтъ ни одного примѣра вообще какого бы то ни было уклоненія въ этомъ отношеніи; въ гипогексагональномъ типѣ только одна сѣра уклоняется *въ сторону уменьшенія* угла 30° , но не болѣе 2° .

Во II классѣ и кубическомъ типѣ наибольшее уклоненіе проявляютъ вольфсбергитъ и марказитъ; но даже въ первомъ изъ нихъ уклоненіе отъ угла 45° не превышаетъ 7° ; въ громадномъ же большинствѣ или вовсе нѣтъ уклоненія, или уклоненіе не превышаетъ 3° . Въ гипогексагональномъ типѣ наиболѣе рѣзкое уклоненіе принадлежитъ реальгару; оно достигаетъ величины, близкой къ 8° , но опять-таки въ сторону удаленія отъ кубическаго типа.

Въ III классѣ и кубическомъ типѣ наиболѣе рѣзкое уклоненіе принадлежитъ бадделейиту; оно достигаетъ величины 5° , а въ манганитѣ оно хотя и меньше, но приближается къ этой величинѣ. Въ кристаллахъ гипогексагональнаго типа этого класса вовсе нѣтъ рѣзкихъ уклоненій, и даже наиболѣе рѣзкое, въ брукитѣ, едва достигаетъ 2° , и опять въ сторону удаленія отъ кубическаго типа.

Въ IV классѣ и кубическомъ типѣ наибольшее уклоненіе, въ котуннитѣ, также едва достигаетъ 5° . Въ кристаллахъ гипогексагональнаго типа наибольшее уклоненіе относится къ прозопиту, и притомъ въ сторону приближенія къ кубическому типу, но оно лишь весьма немного превышаетъ величину 2° .

Въ V классѣ и кубическомъ типѣ наибольшее уклоненіе, и притомъ единственное въ своемъ родѣ, замѣчается въ малахитѣ и достигаетъ или даже немного превосходитъ величину $7\frac{1}{2}^\circ$; но уже въ слѣдующемъ за нимъ въ этомъ отношеніи минералѣ, трокѣ, это уклоненіе едва достигаетъ 5° , а всѣ остальные минералы этого класса стоятъ весьма близко къ нормальному ряду. Въ кристаллахъ гипогексагональнаго типа наибольшее уклоненіе принадле-

жить лаутариту; оно около 6° , но не приближаетъ, а удаляетъ этотъ кристаллъ отъ нормальныхъ кристалловъ кубическаго типа.

Въ VI классѣ и кубическомъ типѣ только въ дарапскитѣ отклоненіе нѣсколько превышаетъ 5° . Въ кристаллахъ гипогексагональнаго типа замѣчаются очень рѣзкія отклоненія, а именно въ линаритѣ и бледитѣ, достигая и даже нѣсколько превышая величину 15° ; но въ обоихъ случаяхъ это отклоненіе не приближаетъ къ кубическому типу, а удаляетъ отъ него.

Въ VII классѣ и кубическомъ типѣ наибольшее отклоненіе, въ надоритѣ, немного превышаетъ 3° . Въ гипогексагональномъ типѣ, въ колеманитѣ, это отклоненіе достигаетъ величины 9° , но въ сторону удаленія отъ нормальныхъ кристалловъ кубическаго типа.

Въ VIII классѣ и кубическомъ типѣ наибольшее отклоненіе принадлежитъ эосфориту и чильдрениту, но и въ нихъ оно не достигаетъ 7° , въ пухеритѣ не достигаетъ 6° , а въ громадномъ большинствѣ остальныхъ формы приближаются къ нормальнымъ. Въ гипогексагональномъ типѣ рѣзкихъ отклоненій отъ нормальныхъ формъ довольно много; особенно рѣзко отклоненіе, принадлежащее вапplerиту и доходящее до величины, превышающей 14° ; но почти всѣ эти отклоненія удаляютъ формы отъ нормальныхъ формъ кубическаго типа, за единственнымъ исключеніемъ монацита, гдѣ отклоненіе достигаетъ 7° и приближаетъ формы къ нормальнымъ формамъ кубическаго типа; въ лаксманитѣ это приближеніе не достигаетъ 6° , а во всѣхъ остальныхъ случаяхъ, когда характерный уголъ больше 30° , отклоненіе весьма незначительно.

Въ IX классѣ и кубическомъ типѣ наибольшее отклоненіе относится къ галмею, достигая $7\frac{1}{2}^\circ$, но этотъ случай составляетъ рѣзкое исключеніе посреди всѣхъ остальныхъ, довольно близко стоящихъ къ нормальнымъ формамъ кубическаго типа. Въ гипогексагональномъ типѣ наиболѣе рѣзкое отклоненіе въ сторону приближенія къ формамъ кубическаго типа относится къ эпистильбиту, имѣя величину, близкую къ 4° ; громадное же большинство остальныхъ отклоненій только удаляетъ эти формы отъ формъ кубическаго типа; наиболѣе рѣзкимъ примѣромъ служитъ хондродитъ, въ которомъ это отклоненіе достигаетъ или даже немного превосходитъ величину 11° .

Итакъ, природа даетъ намъ весьма ясный и отчетливый отвѣтъ на этотъ вопросъ молекулярной статики. *Въ природѣ кристаллы кубическаго и гипогексагональнаго типа являются весьма рѣзко отдѣленными другъ отъ друга*, какъ бы составляютъ два отдѣльные царства міра кристалловъ вообще. Каждому типу свойственны свои характерные главные углы между главными плоскостями пояса, который можно выдѣлить изъ всѣхъ другихъ и считать главнымъ; эти углы для кубическаго типа 45° , для гипогексагональнаго 30° ; характерные углы кристалловъ каждаго даннаго вещества въ громадномъ большинствѣ случаевъ, смотря по типу, приближаются къ одному изъ нихъ, а величины отклоненій тѣмъ рѣже, чѣмъ больше характерные углы уклоняются отъ этихъ нормальныхъ, и можно сказать, что отклоненія и не достигаютъ той величины, которая свойственна была бы переходнымъ членамъ, если бы вообще такой переходъ былъ возможенъ.

Едва ли мы въ состояніи въ настоящую минуту дать сколько-нибудь удовлетворитель-

ный и точный отвѣтъ на вопросъ о причинѣ этого общаго факта, насколько эта причина кроется въ условіяхъ частичнаго равновѣсія. Но въ законѣ геометрической необходимости лежитъ то обстоятельство, что раздѣленіе на типы, а вмѣстѣ съ тѣмъ и раздѣленіе міра кристалловъ на два царства было предсказано теоріей структуры кристалловъ.

Какъ бы то ни было, но мы имѣемъ теперь предъ собою два фактора величайшей общности, неразрывно связанные другъ съ другомъ. Съ одной стороны два типа развитія формъ кристалловъ; съ другой стороны тенденція приближенія характерныхъ угловъ кристалловъ этихъ двухъ типовъ къ опредѣленнымъ величинамъ, которыя природа вещей устанавливаетъ какъ нормы. И вотъ въ механическомъ воззрѣніи на природу появляется задача большой общности, требующая для своего разрѣшенія привлеченія соотвѣтственныхъ законовъ механики.

4. *Каковы соотношенія между элементами сингоніи и формами I періода?*

Подъ элементами сингоніи мы подразумѣваемъ здѣсь единичныя и равныя направленія, равно какъ единичныя и равныя плоскости. Этими элементами обусловливается также общее положеніе эллипсоида сингоніи въ кристаллическомъ комплексѣ.

На основаніи закона геометрической необходимости, изъ коего слѣдуетъ, что равныя направленія и плоскости должны играть въ комплексѣ одинаковую роль, можно для большинства случаевъ *à priori* предусмотрѣть соотношеніе между элементами сингоніи и основными формами. Установленіе такихъ соотношеній теряетъ смыслъ для кристалловъ триклинной сингоніи, такъ какъ въ нихъ всѣ вообще направленія и плоскости единичны и, слѣдовательно, играютъ одинаковую роль. Остаются только два вида сингоніи, ромбическій и моноклинный, въ которыхъ такія особыя соотношенія возможны и не могутъ быть вполнѣ предусмотрѣны *à priori*.

Изъ ромбическихъ кристалловъ это относится, впрочемъ, только до кристалловъ кубическаго типа, такъ какъ въ кристаллахъ гипогексагональнаго типа апріорное рѣшеніе является вполнѣ законченнымъ, а именно: одна изъ единичныхъ плоскостей должна быть плоскость (1000) , другая $(010\bar{1})$ и третья (0121) . Но для ромбическихъ кристалловъ кубическаго типа остаются двѣ возможности: 1) три единичныя плоскости есть плоскости (100) , (010) и (001) , или 2) три единичныя плоскости есть плоскости (110) , $(1\bar{1}0)$ и (001) . Эти возможности обусловливаются отношеніемъ соотвѣтственныхъ комплексовъ къ комплексу кубическаго кристалла. Ихъ авторъ никогда не упускалъ изъ виду при исполненіи этого критическаго пересмотра. Мы не приводили здѣсь подсчетовъ, всегда производившихся въ сомнительныхъ случаяхъ, но ни разу не случалось видѣть осуществленіе на пересмотрѣнномъ матеріалѣ второй изъ этихъ возможностей. Такимъ образомъ въ результатѣ получается вѣроятный выводъ, что *условіями частичнаго равновѣсія въ кристаллахъ ромбической сингоніи служитъ совпаденіе трехъ взаимноперпендикулярныхъ единичныхъ плоскостей съ плоскостями основныхъ формъ (100) , (010) и (001) .*

Для моноклинныхъ кристалловъ обоихъ типовъ допустимыя возможности весьма рас-

членяются, чѣмъ и дается возможность кромѣ *классовъ* соотвѣтственныхъ кристалловъ различать еще особые *разряды*.

Начнемъ съ кристалловъ кубическаго типа.

Прежде всего мы различаемъ два разряда случаевъ: а) тѣ случаи, когда главная единичная плоскость совпадаетъ съ однимъ изъ основныхъ пинакоидовъ (100), (010) или (001); б) тѣ случаи, когда этого нѣтъ.

Въ случаяхъ а), въ свою очередь, мы можемъ различить 3 разряда кристалловъ. Если, въ согласіи съ тѣмъ, что изложено во введеніи, мы примемъ за ось (001) ту, въ которой пересѣкаются тѣ два пинакоида (100) и (010), которые образуютъ съ гранью (110) углы, разность между которыми наименьшая, и притомъ за пинакоидъ (010) примемъ именно тотъ, который съ (110) образуетъ меньшій уголъ, чѣмъ пинакоидъ (100), то мы само собою различимъ три разряда кристалловъ: 1) тѣ, въ которыхъ главною единичною плоскостью является (100), 2) тѣ, въ которыхъ эта плоскость есть (010), и 3) тѣ, гдѣ та же плоскость есть (001).

Всѣ эти 3 разряда дѣйствительно встрѣчаются въ натуральныхъ кристаллахъ. Разсмотримъ по классамъ.

Въ I классѣ вообще не имѣется моноклинныхъ кристалловъ кубическаго типа.

Во II классѣ не имѣется ни одного, относящагося къ этимъ 3 разрядамъ.

Въ III классѣ одинъ (бадделейтъ) относится къ I разряду, а два (клодетитъ и теноритъ) относятся къ 3 разряду. Это мы прямо читаемъ на діаграммѣ.

Въ IV классѣ два (кріолитъ, пахнолитъ) относятся ко II и одинъ (томсенолитъ) къ III разряду.

Въ V классѣ одинъ (малахитъ) относится къ I, а два (азуритъ и трона) къ III разряду.

Въ VI классѣ одинъ (крокоитъ) относится къ I, пять (леадгиллитъ, дарапскитъ, моренозитъ, биберитъ и мирабилитъ) ко II, и одинъ (вольфрамитъ) къ III разряду.

Въ VII классѣ имѣется всего одинъ сюда принадлежащій минералъ (бура), относящійся ко II разряду.

Въ VIII классѣ одинъ (ателеститъ) относится къ I и два (аутунитъ и вивіанитъ) къ III разряду.

Наконецъ, въ IX классѣ одинъ (эпистильбитъ) принадлежитъ I, одинъ (группа діопсида) ко II и четыре (датолитъ, гадолинитъ, гомилитъ, эвклазъ) къ III разряду.

Въ суммѣ находимъ, что рассмотрѣнные природные кристаллы представляютъ въ числѣ 5 I, въ числѣ 9 II и въ числѣ 12 III разрядъ. Этотъ результатъ недостаточно отчетливъ, чтобы изъ него можно было вывести что-нибудь положительное, относящееся къ условіямъ молекулярнаго равновѣсія. Несомнѣнно одно, что всѣ 3 разряда не только теоретически возможны, но и представлены въ натуральныхъ кристаллахъ.

Однако, имѣются моноклинные кристаллы кубическаго типа, не относящіеся ни къ одному изъ этихъ разрядовъ. Просматривая діаграммы, мы легко замѣтимъ, что сюда отно-

сятся моноклинные кристаллы, комплексъ которыхъ въ большей или меньшей степени приближается къ гексагональному.

Этотъ особый разрядъ представленъ двумя (плагіонитъ и міаргиритъ) во II классѣ, однимъ (халькоменитъ) въ V классѣ, однимъ (долерофанитъ) въ VI классѣ, однимъ (филловитъ) въ VIII классѣ и тремя (ортоклазъ, филлипситъ, гармотомъ) въ IX классѣ.

Переходимъ къ моноклиннымъ кристалламъ гипогексагональнаго типа.

Здѣсь въ отношеніи положенія главной единичной плоскости возможны вообще всего 3 разряда. Или 1) она совпадаетъ съ гранью (1000), или 2) она совпадаетъ съ гранью (010 $\bar{1}$), или 3) она совпадаетъ съ гранью (0121).

Сравнивая съ опытными данными, мы найдемъ, что эти 3 разряда представлены въ высокой степени неравномѣрно.

Во II классѣ четыре минерала (силванитъ, пирситъ, полибазитъ и реальгаръ), принадлежащіе I, и два (ксантоконъ, фрейслебенитъ), принадлежащіе II разряду.

Въ III классѣ имѣется всего одинъ принадлежащій сюда минералъ (гидраргилитъ), и онъ относится къ III разряду.

Въ IV классѣ одинъ (фидлеритъ) относится къ I и одинъ (прозонитъ) принадлежитъ II разряду.

Въ V классѣ два (натритъ и баритокальцитъ) относятся къ I и одинъ (лаутаритъ) къ II разряду.

Въ VI классѣ имѣется восемь минераловъ, относящихся къ I, и только одинъ (каинитъ), принадлежащій III разряду.

Въ VII классѣ имѣется всего одинъ относящійся сюда минералъ (колеманитъ), и онъ принадлежитъ I разряду.

Въ VIII классѣ имѣется 11 минераловъ, относящихся къ I, одинъ (ванплеритъ), относящійся къ II и четыре, относящіеся къ III разряду.

Наконецъ, въ IX классѣ имѣется 10 минераловъ, относящихся къ I, и четыре, относящихся къ II, разряду.

Въ суммѣ получаемъ 37 минераловъ, относящихся къ I, 9 относящихся къ II и 6 относящихся къ III разряду.

Этотъ результатъ, неопредѣленный по отношенію къ двумъ послѣднимъ разрядамъ, весьма ярко говоритъ о гораздо большей представленности I разряда. Другими словами, приходится заключить, что условія молекулярнаго равновѣсія частицъ достигаются гораздо легче для расположенія частицъ, соотвѣтствующаго I разряду. По наиболѣе яркому представителю этого разряда его можно было бы именовать разрядомъ эпидота, II разрядъ разрядомъ амфибола, а III разрядъ разрядомъ каинита.

Но еще замѣчается и другое соотношеніе между элементами сингоніи и основными формами, а именно приближеніе комплексовъ низшихъ видовъ сингоніи къ комплексамъ болѣе высокихъ видовъ вплоть до тетрагональной и гексагональной. На разобранномъ матеріалѣ это лучше всего демонстрируется для кристалловъ моноклинныхъ, которые всѣ болѣе

или менѣе приближаются къ ромбическимъ, или даже тетрагональнымъ и гексагональнымъ. Простое внимательное разсмотрѣніе составленныхъ діаграммъ достаточно для того, чтобы составить убѣжденіе, что число представителей моноклинной сингоніи тѣмъ въ значительно большей степени уменьшается, чѣмъ рѣзче выражается ихъ различіе отъ кристалловъ ромбическихъ. Крайними уклоненіями въ этомъ отношеніи изъ кристалловъ кубическаго типа является ателеститъ, VIII класса и I разряда, гдѣ уклоненіе превышаетъ даже $9\frac{1}{2}^\circ$ (собственно даже двойную величину), а изъ кристалловъ гипогексагональнаго типа амфиболъ IX класса и II разряда, гдѣ уклоненіе около $7\frac{1}{2}^\circ$ (тоже собственно слѣдуетъ считать вдвое). Но даже такія уклоненія являются совершенно исключительными. Громадное же большинство остальныхъ гораздо меньше и вообще въ большей или меньшей степени приближается къ нулю.

Эта законмѣрность выражена такъ рѣзко, что при разработкѣ основъ молекулярной статики съ нею придется считаться на первомъ мѣстѣ.

Въ связи съ нею, конечно, находится и то обстоятельство, что правильная установка ни разу не привела къ большому уклоненію отъ представителей высшихъ видовъ сингоніи, но очень часто приводила къ значительному приближенію къ этимъ видамъ.

Для того, чтобы показать, какъ рѣзко выражается это *пониженіе ассиметріи* при правильной установкѣ, приведемъ на память хотя бы соотвѣтственные случаи, относящіеся къ I разряду моноклинныхъ кристалловъ гипогексагональнаго типа.

Наиболѣе рѣзкимъ примѣромъ такого пониженія служилъ примѣръ натрита (то есть обыкновенной соды). При неправильной, кубической, установкѣ этого минерала мѣрою ассиметріи служилъ уголъ $31^\circ 8'$; при правильной, гипогексагональной, этою мѣрою является уголъ $3^\circ 0'$; величина пониженія ассиметріи представлена угломъ $28^\circ 8'$. Но если это наиболѣе рѣзкій примѣръ такого пониженія, то и въ другихъ случаяхъ это пониженіе весьма значительно, а именно: для титавита $25^\circ 6'$, для нептунита ок. $24\frac{1}{2}^\circ$, для аугеллита $22^\circ 13'$, для дикинсонита ок. 22° , для баритокальцита 21° , для реальгара $19^\circ 41'$, для глауберита $19^\circ 30'$ для ломонтита $19^\circ 21'$, для колеманита $18^\circ 47'$, для дурангита $18^\circ 29'$, для лаксманита $16^\circ 30'$, для триплоидита ок. $14\frac{1}{2}^\circ$, для линарита $13^\circ 50'$, для ціанохроита $13^\circ 42'$, для вагнерита $13^\circ 10'$, для дитцеита ок. $12\frac{1}{2}^\circ$, для кайнита $11^\circ 40'$, для фидлерита $11^\circ 12'$, для пикромерита $10^\circ 49'$, для монацита $9^\circ 56'$, для бледита $6^\circ 55'$. Наименьшая изъ этихъ величина почти подходитъ къ рѣдкимъ наибольшимъ уклоненіямъ, отличающимъ моноклинные кристаллы отъ ромбическихъ.

Только что отмѣченная законность не только важна для пониманія и правильной постановки основъ молекулярной статики, но можетъ служить въ извѣстномъ рядѣ случаевъ важнымъ указаніемъ на правильную установку кристалла.

Эту законность мы можемъ формулировать коротко и инымъ образомъ: *эллипсоидъ сингоніи всегда въ большей или меньшей степени приближается къ эллипсоиду вращенія.*

Но дальше этого идти нельзя. Изъ отвѣта на первый вопросъ непосредственно усматривается, что если замѣчается приближеніе къ эллипсоиду вращенія, то вовсе не замѣчается

особаго приближенія къ шару, а напротивъ того натуральные кристаллы доставляютъ намъ примѣры какъ весьма вытянутыхъ (рѣзко положительныхъ), такъ и сильно сплюснутыхъ (рѣзко отрицательныхъ) эллипсоидовъ.

Отсюда естественно перейти къ слѣдующему вопросу.

5. *Если эллипсоиды сингоніи натуральныхъ кристалловъ бываютъ и рѣзко положительными, и рѣзко отрицательными, то не замѣчается ли все-таки тенденціи къ особому частому приближенію къ шару, и въ равной ли степени для положительныхъ и для отрицательныхъ кристалловъ?*

Вопросъ этотъ рѣшается простымъ подсчетомъ. Исходя изъ среднихъ комплексовъ, для которыхъ эллипсоидъ сингоніи есть шаръ, мы на діаграммахъ проводимъ черезъ каждые 5° параллельные круги и просто сосчитываемъ число минераловъ, изображеніе которыхъ попадаетъ въ предѣлы этихъ круговъ.

Въ кристаллахъ кубическаго типа проявляется яркая тенденція къ образованію именно кубическаго комплекса. Это видно изъ отвѣта на 2-ой вопросъ, показавшаго присутствіе 125 принадлежащихъ кристалловъ изъ общаго числа 291. Такимъ образомъ двѣ пятыхъ или 40% всѣхъ относящихся сюда кристалловъ имѣютъ тотъ особый единичный комплексъ, который мы называемъ кубическимъ. Всѣ эти случаи нельзя относить къ *приближеніямъ* къ этому комплексу, потому что въ нихъ онъ воспроизводится съ точностью. Для поставленнаго теперь вопроса эти случаи надлежитъ исключить.

Сдѣлавъ это, получимъ для кристалловъ кубическаго типа:

предѣлы	0 до $\pm 5^\circ$	$\pm 5^\circ$ до $\pm 10^\circ$	$\pm 10^\circ$ до $\pm 15^\circ$	$\pm 15^\circ$ до $\pm 20^\circ$	$\pm 20^\circ$ до $\pm 25^\circ$	$\pm 25^\circ$ до $\pm 30^\circ$
число случаевъ	46	36	50	15	4	5

для кристалловъ гипогексагональнаго типа:

предѣлы	0 до $\pm 5^\circ$	$\pm 5^\circ$ до $\pm 10^\circ$	$\pm 10^\circ$ до $\pm 15^\circ$	$\pm 15^\circ$ до $\pm 20^\circ$	$\pm 20^\circ$ до $\pm 25^\circ$	$\pm 25^\circ$ до $\pm 30^\circ$	$\pm 35^\circ$ до $\pm 40^\circ$
число случаевъ	40	47	30	17	11	5	1

Въ этихъ рядахъ чиселъ едва ли можно видѣть сколько-нибудь выраженную тенденцію въ приближеніи къ среднему, изотропному, облику. Видно только одно, что рѣзко выраженные отрицательные и положительные кристаллы дѣйствительно встрѣчаются рѣдко, и особенно это рѣзкое уменьшеніе замѣтно, начиная отъ уклоненія въ 15° , а до этого предѣла тенденція къ уменьшенію числа случаевъ проявляется очень слабо. Если мы сосчитаемъ вмѣстѣ и кристаллы кубическаго, и кристаллы гипогексагональнаго типа, то получимъ слѣдующій рядъ: 86, 83, 80, 32, 15, 10, 0, 1.

Итакъ, въ отвѣтъ на поставленный вопросъ можемъ сказать: до предѣловъ уклоненія около 15° не замѣчается особой тенденціи къ уменьшенію числа случаевъ, но за этимъ предѣломъ число случаевъ быстро падаетъ.

Если же мы желали бы рѣшить вопросъ, въ равной ли степени проявляются уклоненія въ сторону положительныхъ, какъ и въ сторону отрицательныхъ кристалловъ, то въ отвѣтъ на это, пропустивъ предѣлы 0 до $\pm 5^\circ$, получили бы слѣдующія числа:

кристаллы кубическаго типа

предѣлы	+ 5 до + 10	+ 10 до + 15	+ 15 до + 20	+ 20 до + 25	+ 25 до + 30	сумма
число случаевъ	21	16	2	2	1	42

предѣлы	— 5 до — 10	— 10 до — 15	— 15 до — 20	— 20 до — 25	— 25 до — 30	
число случаевъ	15	34	13	2	4	68

кристаллы гипогексагональнаго типа

предѣлы	+ 5 до + 10	+ 10 до + 15	+ 15 до + 20	+ 20 до + 25	+ 25 до + 30	+ 35 до + 40	
число случаевъ	19	9	4	6	3	0	41

предѣлы	— 5 до — 10	— 10 до — 15	— 15 до — 20	— 20 до — 25	— 25 до — 30	— 35 до — 40	
число случаевъ	28	21	13	5	2	1	70

Эта табличка даетъ вполне опредѣленный отвѣтъ на поставленный вопросъ, а именно: *отрицательные кристаллы встрѣчаются значительно чаще положительныхъ*, и притомъ для обоихъ типовъ почти въ $\frac{3}{2}$ раза чаще.

Принявъ во вниманіе, что положительнымъ кристалламъ соотвѣтствуютъ вытянутые эллипсоиды сннгоніи, а слѣдовательно и вытянутыя въ одномъ направленіи частицы, а кристалламъ отрицательнымъ соотвѣтствуютъ сплюснутые эллипсоиды, а слѣдовательно и сокращенные въ одномъ направленіи размѣры частицъ, мы можемъ выразить этотъ выводъ и такъ: удлиненныя въ одномъ направленіи частицы имѣютъ меньше шансовъ къ своему образованію, чѣмъ удлиненныя въ двухъ направленіяхъ; еще иначе: виды равновѣсія послѣднихъ болѣе устойчивы.

Заканчивая этимъ свой трудъ, мы не распространяемся ни о соотношеніяхъ между основными формами и физическими свойствами кристалловъ, ни о замѣчательныхъ соотношеніяхъ, существующихъ между полиморфными разностями, ни о томъ, какъ изъ этихъ соотношеній можно извлечь выводы о расположеніи частицъ въ пространствѣ, такъ какъ обо всемъ этомъ было изложено въ нашихъ предшествующихъ работахъ «Beiträge zur zonalen Krystallographie» и даже въ XV главѣ 3-го изданія «Курса кристаллографіи».

Дополнительная замѣтка. Втеченіе полутора лѣтъ, пока набирался этотъ трудъ, въ выработкѣ критерія правильной установки кристалловъ произошелъ большой прогрессъ.

Примѣненіе новѣйшаго критерія (къ нефелину) показано на стр. 123. Оно даетъ возможность опредѣлять въ абсолютныхъ числахъ *всѣ* каждой установки; и конечно правильная есть та, которой принадлежитъ наибольшій вѣсъ.

До сихъ поръ примѣненіе критеріевъ имѣло *относительный* характеръ, то есть посредствомъ нихъ опредѣлялось относительно лучшая установка изъ нѣсколькихъ данныхъ. Но теперь, благодаря установленію закона, по которому всѣ кристаллы или псевдотетраго-

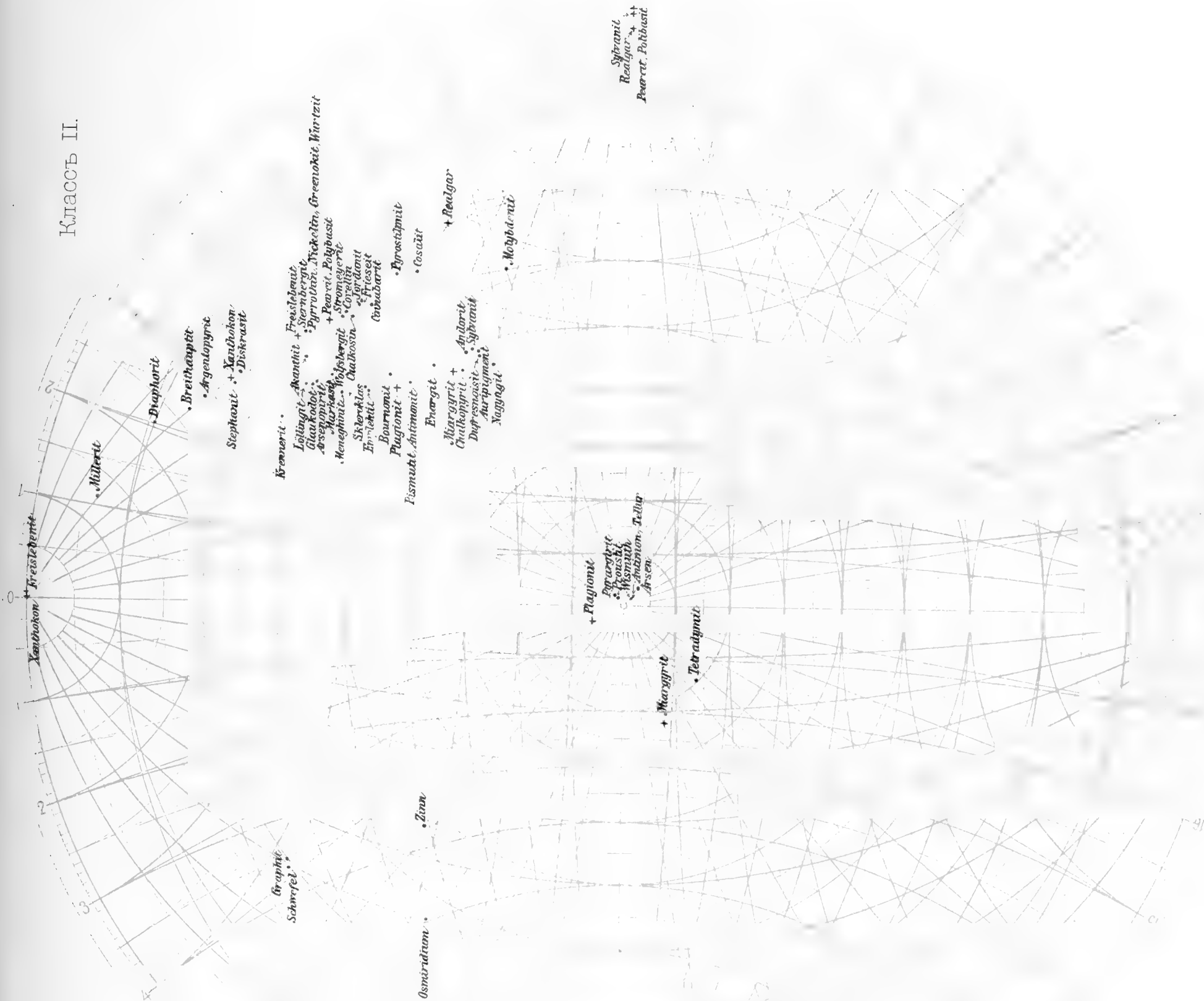
нальны, или псевдогексагональны, мы получили въ руки средство въ каждомъ данномъ случаѣ найти *абсолютно* лучшую установку. Только съ этого момента изученіе законовъ и законностей, относящихся къ формамъ кристалловъ, становится на строго научную почву, внѣ всякой субъективности.

Конечно, прежде всего предстоитъ внѣ всякаго сомнѣнія доказать вѣрность этого закона, на которомъ основана абсолютно правильная и, слѣдовательно, единственно допустимая въ каждомъ данномъ случаѣ установка. Это совершено въ подготовляющемся къ печати большомъ трудѣ, по отношенію къ которому подлежащій трудъ служить лишь введеніемъ. Въ немъ разсмотрѣны *есть* сколько-нибудь подробно изслѣдованные втеченіе послѣднихъ 25 лѣтъ кристаллы, то есть уже не сотни, а почти тысячи. Въ немъ же, конечно, будутъ подробно изложены основанія новѣйшаго критерія, дающаго возможность строго опредѣлять достоинство или вѣсь установки при самомъ незначительномъ числѣ наблюденныхъ формъ.

Въ заключеніе обращаю вниманіе на то, что примѣненіе новѣйшаго критерія позволило замѣтить ошибку въ установкѣ нефелина; на это указано на стр. 123.



Классъ II.



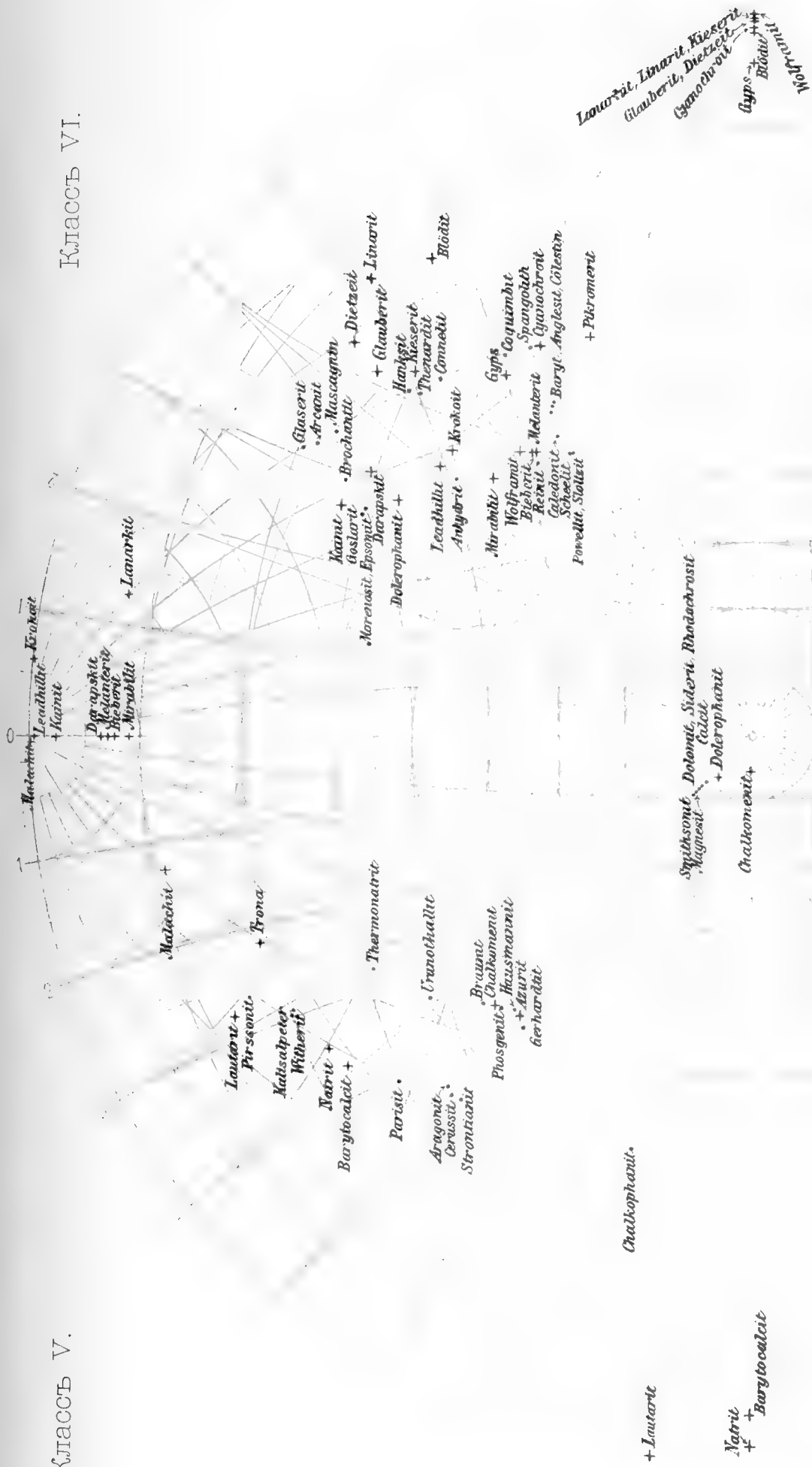
Классъ IV.



Tenorit
+
+
Caudelit

*Korund
Hämatit*

Классъ VI.



100

100

100

100

100

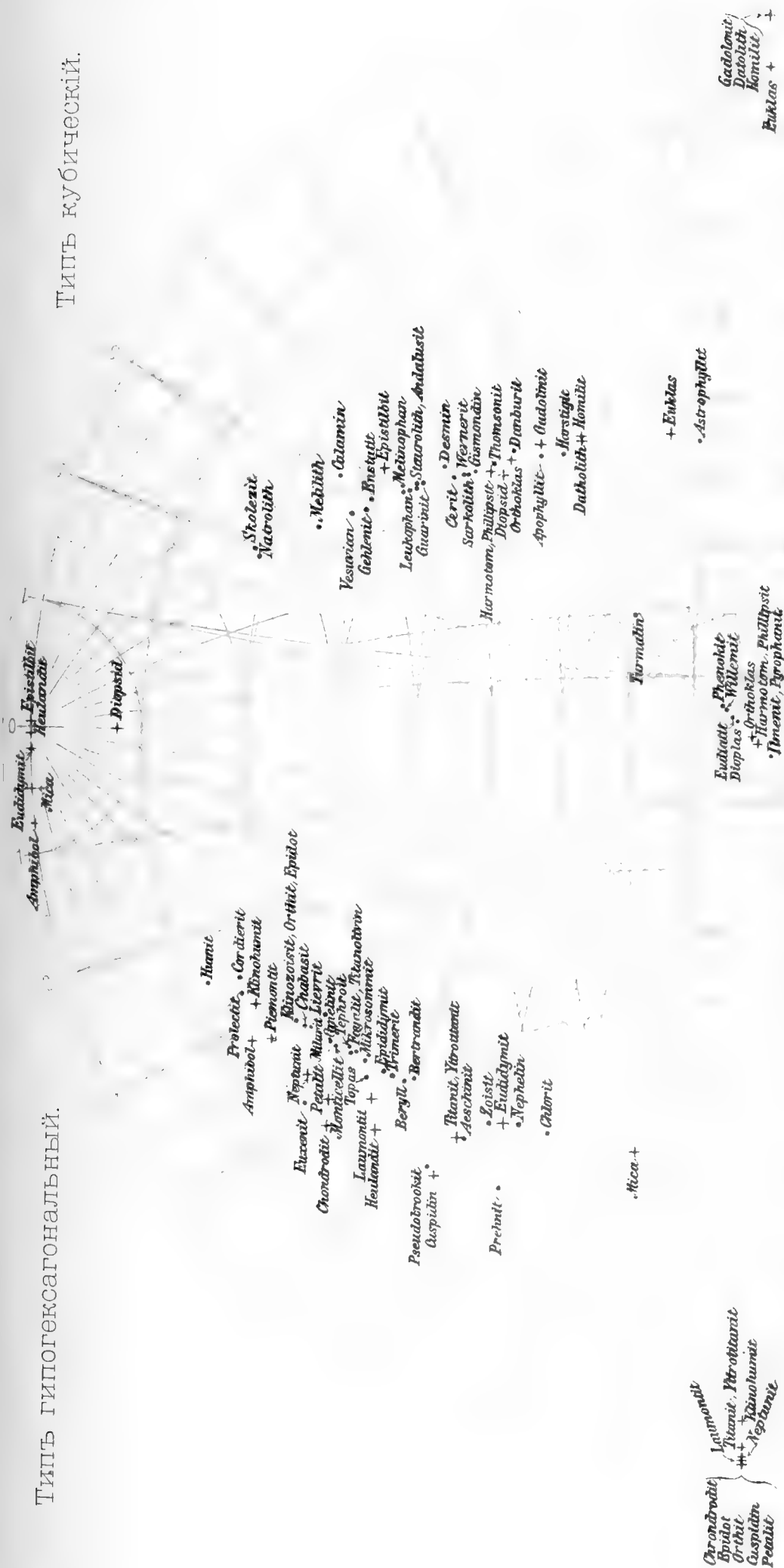
100

100

Классъ VIII.



ТИПЪ КУБическій.



Handwritten text at the top right, possibly a title or header.

Handwritten text below the top right header.

Handwritten text in the upper middle section.

Handwritten text in the upper middle section.

Handwritten text in the upper middle section.

Handwritten text in the upper middle section.

Handwritten text in the upper middle section.

Handwritten text in the upper middle section.

Handwritten text in the upper middle section.

Handwritten text in the upper middle section.

Handwritten text in the upper middle section.

Handwritten text in the upper middle section.

Handwritten text in the upper middle section.

Handwritten text in the lower middle section.

Handwritten text in the lower middle section.

Handwritten text in the lower middle section.

Handwritten text in the lower middle section.

Handwritten text in the lower middle section.

Handwritten text in the lower middle section.

Handwritten text in the lower middle section.

Handwritten text in the lower middle section.

Handwritten text in the lower middle section.

Handwritten text in the lower middle section.

Handwritten text in the lower middle section.

Handwritten text in the lower middle section.

Handwritten text at the bottom of the page.

THE
GOLDEN RULE
OF THE

ЗАПИСКИ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.

MÉMOIRES
DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG.

VIII SÉRIE.

ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОТДѢЛЕНІЮ.

Томъ XIV. № 3.

CLASSE PHYSICO-MATHÉMATIQUE.

Volume XIV. № 3.

ГОРНЫЯ ПОРОДЫ КЕДАБЕКА.

Е. С. Федорова.

СЪ ТРЕМЯ ТАБЛИЦАМИ.

(Доложено въ засѣданіи Физико-математическаго отдѣленія 11-го сентября 1902 г.).



С.-ПЕТЕРБУРГЪ. 1903. ST.-PÉTERSBOURG.

Продается у комиссіонеровъ Императорской
Академіи Наукъ:

И. И. Глазунова, М. Эггера и Комп. и К. Л. Риккера
въ С.-Петербургѣ,
Н. П. Карбасникова въ С.-Петерб., Москвѣ, Варшавѣ
и Вильнѣ,
Н. Я. Оглоблина въ С.-Петербургѣ и Кіевѣ,
М. В. Клюкина въ Москвѣ,
Е. П. Распопова въ Одессѣ,
Н. Киммеля въ Ригѣ,
Фоссъ (Г. Гэссель) въ Лейпцигѣ,
Люзакъ и Комп. въ Лондонѣ.

Commissionnaires de l'Académie IMPÉRIALE des
Sciences:

J. Glasounof, M. Eggers & Cie. et C. Ricker à St.-Péters-
bourg,
N. Karbasnikof à St.-Pétersbourg, Moscou, Varsovie et
Vilna,
N. Oglobline à St. Pétersbourg et Kief,
M. Klukine à Moscou,
E. Raspopof à Odessa,
N. Kummel à Riga,
Voss' Sortiment (G. Haessel) à Leipsic,
Luzac & Cie. à Londres.

Цена: 1 р. 20 коп. — Prix: 3 Mk.

Напечатано по распоряженію Императорской Академіи Наукъ.
С.-Петербургъ, Іюль 1903 года. Непремѣнный Секретарь, Академикъ *Н. Дубровинъ*.

Типографія Императорской Академіи Наукъ. (Вас. Остр., 9 линія, № 12).

Литература по минералогіи и геології этого важнаго руднаго мѣсторожденія скудна до невѣроятности.

Мнѣ извѣстны только слѣдующіе источники:

1) *А. Варенцовъ*. Кедабекскіе рудники и заводъ. Горн. Ж. 1887, стр. 394.

Это первое по времени описаніе пожалуй и ближе всѣхъ другихъ придерживается фактической подкладки.

Относя открытіе мѣсторожденія къ 1849 г. авторъ даетъ первую схему мѣсторожденія, различая рудопосный кварцитъ и нерудоносный сіенитъ (подъ послѣднимъ названіемъ авторъ соединяетъ большое число самыхъ разнообразныхъ типовъ породъ, не подвергшихся кварцитизаціи).

На стр. 399 упоминается о нахожденіи везувіана на OSO склонѣ Рудничной горы.

2) *Нестеровскій*. Кедабекскіе мѣдные рудники и заводы. Горн. Ж. 1893, стр. 225.

3) *С. Абамелекъ-Лазаревъ*. Отчетъ о командировкѣ въ Закавказье. Горн. Ж. 1897, стр. 372.

Въ этихъ двухъ статьяхъ почти вовсе не заключается существеннаго, фактическаго матеріала въ интересующемъ насъ отношеніи, если не считать столь малозначительныхъ указаній какъ напр. на присутствіе сѣры въ кварцевомъ пескѣ Верхняго или Эзель истока.

4) *В. Меллеръ*. Полезныя ископаемыя и минеральныя воды Кавказскаго края; дополнилъ *М. Денисовъ*. 1900.

Здѣсь на стр. 68 и 69 дано мѣсто краткому геологическому очерку, составленному бар. *Ф. Унтернз-Штернбергомъ*.

По его краткости, можно его привести цѣликомъ:

«Основную породу въ ближайшихъ окрестностяхъ Кедабекскаго рудника и завода составляетъ особая брекчія, образованная преимущественно изъ обломковъ діабазы; она во многихъ мѣстахъ прорѣзывается массивными кристаллическими породами, между которыми преобладающее развитіе имѣютъ: кварцевый порфиръ и авгитовый порфиритъ. Послѣдній или выступаетъ непосредственно на поверхность, и въ такомъ случаѣ сопровождается явственно слоистыми туфами, или же не достигаетъ ея; въ связи съ этимъ находится нѣкоторое различіе въ структурѣ породы и степени развитія ея минеральныхъ составныхъ частей. Порфиритъ, достигшій поверхности, не сопровождается рудами, и наоборотъ.

«Собственно въ горѣ Мисъ-дагъ¹⁾ авгитовый порфиритъ (а не андезитъ) проявляется между брекчіей и болѣе или менѣе разрушенной рудоносной кварцевой породой. Главныя рудныя скопленія за-

1) Старое названіе Рудничной горы.

включаются частью въ кварцевой породѣ, частью же между нею и авгитовымъ порфиритомъ. Вслѣдствіе денудациі послѣдній обнаженъ на сѣдловинѣ между г. Мисъ-дагъ и тѣмъ горнымъ отрогомъ, который извѣстенъ въ Кедабекѣ подъ именемъ «Толстой горы».

«Подъ микроскопомъ, въ тонкихъ шлифахъ, кварцевая порода оказалась состоящею предпочтительно изъ кварцевыхъ зеренъ, къ которымъ примѣшиваются, мѣстами, зерна плагиоклаза, ортоклаза, калистой и горькоземистой слюды, магнитнаго желѣзняка, роговой обманки и пироксена. Но посреди этихъ зеренъ попадаются прекрасно образованные микроскопическіе кристаллы: циркона, топаза, брукита, анатаза, турмалина, и др. минераловъ».

Затѣмъ приводятся анализы нѣкоторыхъ рудъ.

Сравнительно съ Варенцовымъ, здѣсь, кромѣ кварцевой породы, упоминается объ авгитовомъ порфиритѣ, діабазѣ, діабазовомъ туфѣ и какой то брекчій изъ обломковъ діабазы, и именно послѣдней породѣ отводится первенствующее мѣсто; все это у Варенцова еще соединено подъ именемъ сіенита.

Что подразумѣвается подъ именемъ брекчій, имѣющей по словамъ автора, первенствующее значеніе въ геологическомъ строеніи, мнѣ остается непонятнымъ. Во всякомъ случаѣ петрографическій составъ мѣстности гораздо болѣе сложенъ, какъ будетъ видно изъ дальнѣйшаго. Что же касается скопленія рѣдкихъ минераловъ, вскользь упоминаемыхъ авторомъ и опредѣленныхъ въ микроскопическихъ шлифахъ, очевидно, на глазъ, то таковыя мнѣ не попадались, хотя и минералогическій составъ мѣстности тоже весьма разнообразенъ.

5) *А. Эрнз.* Описаніе Кедабекскаго мѣднаго рудника и прилежащихъ къ нему мѣди-плавильныхъ заводовъ Кедабекъ и Калакентъ. Вѣстникъ горнаго дѣла и орошенія на Кавказѣ 1900 № 1, стр. 13

Въ этой статьѣ, въ которой авторъ еще почти не пользовался современными методами петрографическихъ изслѣдованій, дѣлается уже значительный шагъ впередъ.

Толща вторичныхъ, рудоносныхъ кварцитовъ еще описывается подъ именемъ кварцевыхъ трахитовъ.

Древнѣйшею породой считается діоритъ, соотвѣтствующій совокупности глубинныхъ породъ, упоминаемой въ настоящей статьѣ и имѣющей въ мѣстности преобладающее развитіе (въ западную сторону вплоть до Рудничной горы).

Совершенно правильно говорится о томъ, что кварцевый трахитъ (то есть вторичный кварцитъ) прорѣзывается жилами діабазы, образовавшими андезитовый вулканъ.

Наконецъ, послѣ моей первой кратковременной поѣздки въ Кедабекъ въ 1900 г. вышли замѣтка «Кедабекитъ и віолаитъ» (Изв. Сельско-Хозяйственнаго Института 1901 № 1) и краткій очеркъ *Г. Эрна* въ В. г. д. и ор. на Кав., въ коихъ приводятся существенныя результаты примѣненія новыхъ методовъ къ изученію этой мѣстности.

Сюда же относится и минералогическая статья: «Ein extremer Fall in dem Schalenbau der Plagioklase» Zeitschrift für Krystallographie 33, 127.

Моя поѣзка въ 1900 г. положила начало дѣлу детальнаго геологическаго изслѣдованія мѣстности, съ замѣчательнымъ усердіемъ и знаніемъ дѣла поведенному моимъ другомъ *А. Г. Эрномъ*.

Хотя и сейчасъ дѣло еще не приведено къ концу, но въ теоретически-петрографическомъ отношеніи его уже можно считать оконченнымъ. Эта статья и должна подвести итоги полученнымъ въ этомъ отношеніи результатамъ.

Собранный втеченіе двухъ послѣднихъ лѣтъ матеріалъ обнимаетъ свыше 2000 номеровъ и 1000 микроскопическихъ препаратовъ; произведенъ рядъ химическихъ и еще

большее число точныхъ оптическихъ анализовъ, и все это относится къ крошечному району около двухъ квадратныхъ верстъ. Такимъ образомъ, этой мѣстности въ отношеніи детальности изслѣдованія посчастливилось почти въ исключительной мѣрѣ, а вмѣстѣ съ тѣмъ становится понятно, что могли быть разъяснены многіе вопросы, которые вообще рѣдко и ставятся при геологическихъ изслѣдованіяхъ. Впрочемъ, это будетъ видно изъ дальнѣйшаго.

Пока замѣчу, что мѣстность эта дѣйствительно представляетъ исключительный интересъ, и притомъ не только въ геологическомъ и горно-рудномъ, но и въ чисто минералогическомъ отношеніяхъ, а потому выпавшая на ея долю особая детальность изслѣдованія оказалась вполне цѣлесообразною и производительною.

Хотя и здѣсь, какъ напр. въ Богословскомъ горномъ округѣ, минералы не блещутъ величиною и совершенствомъ кристаллизаціи, но разнообразіе условій ихъ мѣстонахожденія и образованія способно вызвать живой интересъ даже у чистаго минералога. Впрочемъ, имѣются минералы, не изъ самыхъ распространенныхъ, которые во всякомъ случаѣ составляютъ недурные штуды и хорошо образованные кристаллы.

Сюда относятся напр. 1) *везувіанъ*, 2) *бурый желѣзисто-известковый гранатъ*, 3) *волластонитъ*, 4) *сфенъ*, 5) *идрариллитъ*, 6) *диопиръ*.

Здѣсь же впервые опредѣленъ новый членъ группы пироксеновъ, названный віолаитомъ¹⁾, входящій въ составъ цѣлаго ряда характерныхъ для этой мѣстности и распространенныхъ здѣсь породъ.

Разсчитывая на то, что посвятившій себя изученію этой мѣстности, можно сказать даже отдавшій этому девять лѣтъ жизни *А. Г. Эрнъ* въ недалекомъ будущемъ обогатитъ нашу науку и горное дѣло детальнымъ геологическимъ описаніемъ этой мѣстности, а равно и подробнымъ описаніемъ минераловъ и условій ихъ нахожденія, я пока ограничусь простымъ перечисленіемъ констатированныхъ здѣсь минераловъ, а затѣмъ перейду къ главной задачѣ этой статьи — описанію главнѣйшихъ горныхъ породъ и ихъ взаимоотношеніямъ.

Кромѣ упомянутыхъ выше, здѣсь опредѣлены слѣдующіе минеральные виды:

7) *Кварцъ* въ громадныхъ количествахъ, но никогда не въ отчетливо образованныхъ кристаллахъ, исключительно какъ составная часть горныхъ породъ²⁾; для нѣкоторыхъ изъ нихъ является преобладающею.

8) *Полевые шпаты*, почти исключительно какъ составныя части горныхъ породъ, представлены ортоклазомъ и всѣмъ рядомъ плагіоклазовъ, начиная отъ альбита до анортита. Но послѣдняя разность имѣетъ въ этой мѣстности особенно большое распространеніе.

9) *Пироксены* представлены авгитомъ, а также салитомъ съ переходами въ віолаитъ и эгириновый авгитъ. Въ видѣ рѣдкости въ одной разности габбро найденъ слегка дихроичный ромбическій пироксенъ, близкій къ чистому гиперстену.

1) Для характеристики этого минерала позволю себѣ изъ своей статьи «Кедабекитъ и віолаитъ» привести среднее изъ двухъ анализовъ молекулярное содержаніе:

Si² O⁴ 46,4; Al² O³ 5,0; Fe² O³ 0,8; Fe² O² 12,2; Mg² O² 11,7; Ca² O² 23,5; Na² O 0,4.

2) Противопоставляя самостоятельному развитію минеральныхъ индивидовъ въ пустотахъ, жилахъ и т. п.

10) *Амфиболы* представлены обыкновенною зеленою роговою обманкою (паргаситомъ), отчетливо образованнымъ уралитомъ (въ уралитовыхъ порфиридахъ), вторичнымъ волокнистымъ актинолитомъ вплоть до совершенно безцвѣтной разности, близкой къ тремолиту, вторичными же глаукъ-амфиболами, а также — изъ ромбическихъ разностей — почти безцвѣтнымъ антофиллитомъ.

11) *Гранаты*, кромѣ упомянутой уже разности подъ № 2, встрѣчаются также въ видѣ безцвѣтныхъ кристалловъ. Анализъ послѣднихъ произведено не было, и вообще эти разности рѣдки.

12) Зеленые *хлориты* распространены, какъ почти повсемѣстно, въ видѣ вторичныхъ минераловъ, какъ замѣщающихъ первичные минералы (псевдоморфозы), такъ и новообразовавшихся въ пустотахъ; въ миндалинахъ андезитовой лавы № 670 наблюдались отчетливо образованные лучистые агрегаты хлоритоваго минерала бураго цвѣта.

13) *Эпидотъ* составляетъ одинъ изъ весьма распространенныхъ вторичныхъ минераловъ этой мѣстности; особенно часто какъ минералъ, вторично замѣщающій гранатъ; въ кварцевыхъ и иныхъ эпидозитахъ онъ очень часто образуетъ превосходные микроскопическіе кристаллики; нерѣдко встрѣчается и въ плотномъ видѣ.

14) *Клиноцоизитъ* составляетъ во многихъ случаяхъ переходы къ предъидущему¹⁾.

15) *Цоизитъ*, или, какъ мы называли его, цоизитовидный минералъ весьма распространенъ въ видѣ крапленности, особенно во вторичныхъ кварцитахъ рудныхъ толщъ, въ нѣкоторыхъ случаяхъ составляя въ нихъ почти преобладающій минералъ. По оптическимъ свойствамъ онъ отличается отъ бывшихъ раньше описаній. Оптическое изслѣдованіе мы производили очень часто, а иногда оно осуществимо съ очень большою точностью, благодаря отчетливости о чистотѣ кристалловъ; при этомъ всегда уголъ между оптическими осями колебался въ предѣлахъ отъ. — 82° до — 89° .

16) Въ нѣсколькихъ пунктахъ мѣстности замѣчено присутствіе синяго изотропнаго минерала группы *содалита*.

17) Въ одномъ мѣстѣ констатированы микроскопическія жилки, выполненныя *фельспаритомъ* въ видѣ пластинокъ.

18) Изъ группы *слюды* имѣются самые разнообразныя представители; особенно распространены буроокрашенныя разности вплоть до почти непрозрачнаго лепидомелана. Во вторичныхъ же кварцитахъ особенно большое распространеніе имѣетъ мусковитъ, частью въ видѣ хорошо образованныхъ пластинокъ, но еще чаще въ плотномъ видѣ. Вообще замѣчается въ проявленіи этого минерала въ кварцитахъ обратное отношеніе съ проявленіемъ цоизита. Кое-гдѣ наблюдались прекрасные образцы зеленыхъ слюдъ, повидимому первый продуктъ измѣненія біотита, при переходѣ въ хлоритъ.

19) *Турмалины* замѣченъ кое-гдѣ въ видѣ весьма небольшой примѣси, подобно турмалину въ слюдисто-кварцитовыхъ сланцахъ Сѣвернаго Урала.

1) Въ одномъ двойникѣ (№ 7 такъ наз. коллекціи | обоихъ индивидовъ; уголъ опт. осей — 80° , а уголъ од-
шлифовъ г. Струве) опредѣлена ось n_m какъ общая ось | ной опт. оси съ двойниковою 9° .

20) Изъ *цеолитовъ* изрѣдка были констатированы натролитъ, томсонитъ и христіанитъ.

Еще разнообразнѣе рудные минералы и вообще представители другихъ минеральныхъ классовъ, кромѣ силикатовъ.

21) *Самородная мѣдь* очень рѣдко встрѣчается въ рудныхъ толщахъ въ дендритовидныхъ сросткахъ.

22) О *самородной сѣрѣ* упомянуто въ началѣ статьи.

23) *Пиритъ* встрѣчается въ такихъ громадныхъ количествахъ какъ въ рудныхъ толщахъ, особенно во вторичныхъ кварцитахъ, такъ и вообще въ окружающей мѣстности, что на склонахъ нѣкоторыхъ частей здѣшнихъ горъ, благодаря сильному промывающему дѣйствию стремительныхъ водныхъ потоковъ, образуетъ длинныя полосы золотистаго песка; отчасти даже служить предметомъ добычи и вывоза (въ Баку).

24) *Пирротинъ* также рѣдко встрѣчается въ рудныхъ толщахъ Кедабека; кое-гдѣ образуетъ даже довольно большія скопленія. Былъ изрѣдка замѣчаемъ и въ видѣ вкрапленности въ горныхъ породахъ разнаго рода.

25) *Халькопиритъ* составляетъ главное содержаніе рудныхъ толщъ; но въ видѣ небольшой вкрапленности былъ замѣченъ и въ разнообразныхъ другихъ породахъ, какъ въ первичномъ, такъ и во вторичномъ видѣ, и притомъ не только въ районѣ Рудничной горы, но и довольно далеко отъ нея; такъ ничтожная вкрапленность замѣчена въ глубинномъ кедабекитѣ совсѣмъ близко отъ дома директора мѣдиплавильнаго завода, то есть почти въ двухъ верстахъ отъ Рудничной горы. Вообще же вкрапленность этого минерала особенно часто попадалась въ породахъ діабазовой и кедабекитовой группы какъ въ жильныхъ, такъ и въ эффузивныхъ разностяхъ; только что упомянутое нахожденіе въ глубинныхъ породахъ составляетъ почти исключеніе.

Изученіе рудныхъ шлифовъ показало, что изъ этихъ минераловъ первымъ образовался пиритъ, а затѣмъ пирротинъ, халькопиритъ и сфалеритъ.

26) *Ковелинъ* встрѣчается преимущественно въ видѣ неправильныхъ жилокъ въ совершенно разложившихся породахъ Рудничной горы; иногда въ довольно значительномъ количествѣ. Ясно, что онъ представляетъ дальнѣйшій продуктъ измѣненія халькопирита, уносившійся съ мѣста своего образованія водными растворами.

27) О *сфалеритѣ* упомянуто выше при № 25.

Минераловъ того же класса, но болѣе сложнаго состава, содержащихъ мышьякъ, сурьму и т. п. почти замѣчено не было.

Минералы изъ класса окисловъ (не считая кварца) вообще имѣютъ въ этой мѣстности сравнительно незначительное развитіе.

28) *Магнетитъ*, какъ повсюду, составляетъ первичную, а отчасти и вторичную вкрапленность въ горныхъ породахъ, нигдѣ не образуя значительныхъ скопленій¹⁾.

1) Кое гдѣ въ породахъ была наблюдаема примѣсь бурой *шпинели*, но очень рѣдко и въ видѣ отдѣльныхъ неправильныхъ зернышекъ.

29) *Титаномагнетитъ* также встрѣчается очень рѣдко въ видѣ вкрапленности, часто сопровождаясь сфеномъ.

30) *Ильменитъ*, легко распознаваемый по переходамъ въ такъ называемый лейкоксенъ, встрѣчался очень рѣдко въ видѣ вкрапленности.

31) *Гематитъ*, очень часто образующій небольшую примѣсь въ сильно разрушенныхъ породахъ, также нигдѣ не былъ найденъ въ большихъ скопленіяхъ. По сосѣдству съ Рудничной горой рѣдко наблюдалась вкрапленность желѣзнаго блеска въ болѣе крупныхъ индивидахъ.

Однажды былъ встрѣченъ въ одной жилкѣ 32) *корундъ* въ в. тонкозернистомъ видѣ то есть въ видѣ наждака; опредѣленіе сдѣлано оптическимъ путемъ по гексагональной формѣ, одноосности, отрицательному оптическому знаку, величинѣ преломленія и двупреломленія.

Гораздо чаще встрѣчаются водные окислы желѣза и глинозема. О гидраргиллитѣ упомянуто выше. Окислы желѣза (водные) встрѣчаются очень часто, благодаря распространенности пирита и его легкой разлагаемости въ поверхностныхъ слояхъ. Нетолько въ ближайшихъ окрестностяхъ Кедабека, но и на значительныхъ разстояніяхъ въ нѣсколько десятковъ верстъ можно видѣть значительные выходы сильно разложившихся породъ, сильно окрашенныхъ въ чистые красноватые и буроватые цвѣта, и очень часто по этому признаку легко дойти до значительныхъ первоначальныхъ скопленій пирита. Въ подобныхъ же условіяхъ рѣдко попадался и гипсъ, иногда въ крупныхъ кристаллическихъ индивидахъ.

Что касается класса углекислыхъ минераловъ, то хотя таковые встрѣчаются и часто, но почти всегда въ видѣ примѣси въ метаморфизованныхъ породахъ или въ видѣ поверхностныхъ пленокъ.

33) *Кальцитъ* нигдѣ въ ближайшихъ окрестностяхъ Кедабека не встрѣчается въ большихъ массахъ; даже незначительные, почти микроскопическія жилки очень рѣдки, но его вкрапленность самое обыкновенное явленіе. Мѣдная зелень и синь, какъ всегда, сопровождаютъ мѣдныя руды и бросаются въ глаза по своему цвѣту, но въ этой мѣстности нигдѣ не образуютъ крупныхъ индивидовъ.

Изъ сѣрнокислыхъ минераловъ чаще всего встрѣчаются:

34) *Баритъ*, образующій существенный членъ рудной толщи, чаще всего преобладая въ всячемъ боку мѣсторожденія.

35) *Гипсъ* чаще попадаетъ въ нижней части толщи рудныхъ кварцитовъ. О немъ было упомянуто при описаніи водныхъ окисловъ желѣза.

Хотя наблюдались и представители другихъ классовъ минераловъ, напр. апатитъ въ превосходныхъ гексагональных призмахъ въ разныхъ изверженныхъ горныхъ породахъ Кедабека, но такъ какъ таковые встрѣчаются лишь весьма рѣдко и всегда въ микроскопическомъ видѣ, то распространяться объ этомъ не приходится.

Однако можно упомянуть о томъ, что въ нѣкоторыхъ породахъ замѣчены пронизывающіе ихъ тончайшія иглочки минерала, близкаго къ апатиту, но болѣе или менѣе сильно окрашеннаго (вѣроятно ванадіевой разности). При первомъ впечатлѣніи эти иглочки, хорошо

распознаваемыя лишь при сильныхъ увеличеніяхъ, были приняты за турмалинъ, но тотъ фактъ что густота фіолетовой окраски усиливается для лучей необыкновенныхъ ясно отвергаетъ это допущеніе и говоритъ за близость къ апатиту.

Разъ въ кварцевой жилкѣ былъ замѣченъ изотропный кубикъ вѣроятно флуорита; этимъ какъ бы подчеркивается необыкновенная бѣдность представителями этого класса минераловъ.

Нѣсколько минераловъ по оптическимъ свойствамъ не подошли ни къ одному изъ извѣстныхъ минераловъ, и представляютъ вѣроятно новые виды, но благодаря ничтожному количеству не могли подвергнуться болѣе подробному изученію и остались неопредѣленными.

Если такимъ образомъ изслѣдованная маленькая площадь представляетъ интересъ даже съ чисто минералогической точки зрѣнія, то интересъ этотъ возрастаетъ въ значительной мѣрѣ при ознакомленіи съ представленными на ней горными породами.

Тутъ, не смотря на крошечную площадь, мы наблюдаемъ такое необыкновенное разнообразіе петрографическихъ типовъ, какого мнѣ не приходилось встрѣчать нигдѣ прежде: ни въ области Сѣвернаго Урала, ни на южнорусской кристаллической площади, ни, тѣмъ менѣе на столь однообразно построенной площади Киргизскихъ степей, ни даже по берегамъ Бѣлаго моря. Заслуживаетъ вниманіе, однако, не только разнообразіе само по себѣ, но и присутствіе такихъ типовъ, которые представляются прямо неожиданными.

Не мѣшаетъ поэтому, прежде, чѣмъ приступить къ описанію горныхъ породъ Кедабека, въ краткихъ чертахъ обрисовать главныя выдающіяся ихъ особенности.

На первомъ планѣ приходится поставить рѣзко мѣняющійся минералогическій и химическій составъ здѣшнихъ породъ.

Едва ли не въ большинствѣ случаевъ мы даже въ предѣлахъ одного шлифа замѣчаемъ постепенную или рѣзкую смѣну одной разности другою. При детальной съемкѣ, когда мѣстность была правильно распланирована на квадраты въ 10 сажень въ сторонѣ, мы почти никогда не имѣемъ простого нумера, а обыкновенно съ прибавленіемъ *a*, *b*, иногда *c*, а случалось и до *m*, то есть рядъ типовъ, различіе которыхъ непосредственно бросается въ глаза.

Совокупность всего собраннаго въ этомъ отношеніи опыта приводитъ къ убѣжденію, что въ громадномъ большинствѣ случаевъ различіе это сводится къ необыкновенной способности магмъ здѣшнихъ породъ всегда и вездѣ дифференцироваться на составныя магмы, различіе которыхъ постепенно доходитъ до крайнихъ предѣловъ, начиная напр. отъ аплитовъ, чрезвычайно богатыхъ содержаніемъ кварца, а слѣдовательно и кремнезема до авгитогранатовыхъ породъ, содержащихъ лишь анортитъ изъ полевыхъ шпатовъ, или даже почти вовсе лишенныхъ содержанія этой группы минераловъ.

Вторую особенность здѣшнихъ породъ составляетъ необыкновенно большое содержаніе окиси кальція, окисловъ типа R^2O^3 , а также относительно большое содержаніе окиси титана. Находится ли эта особенность въ непосредственной связи съ предъидущею, остается не выясненнымъ окончательно; пока можно только поставить этотъ вопросъ, чтобы обратить на этотъ предметъ вниманіе другихъ изслѣдователей.

Возможно, что въ здѣшнихъ породахъ непропорціонально представлена и окись барія; пока мы можемъ объ этомъ судить только по распространенности въ здѣшнихъ вторичныхъ рудныхъ кварцитахъ барита, матеріалъ для котораго, конечно, долженъ быть заимствованнымъ изъ окружающихъ породъ, при ихъ химическомъ разрушеніи. Косвеннымъ указаніемъ на это служатъ также нѣкоторыя тщательно выполненныя опредѣленія плагіоклазовъ; нѣкоторая, хотя и очень незначительная, часть представляетъ столь замѣтныя отклоненія отъ составленныхъ мною для нормального ряда плагіоклазовъ діаграммъ, что невольно напрашивается заключеніе о чувствительномъ отличіи въ составѣ этихъ плагіоклазовъ отъ плагіоклазовъ нормального ряда.

Въ связи съ первую особенностью стоитъ также необычайное развитіе слоистости плагіоклазовъ, и притомъ не только въ глубинныхъ породахъ, какъ габбро и въ аномальныхъ кварцевыхъ діоритахъ (гдѣ развитіе слоистости достигаетъ своего апогея), но даже въ породахъ жильныхъ и эффузивныхъ вплоть до настоящихъ дацитовъ.

При изученіи горныхъ породъ Кедабека невольно обращаешь взоръ къ выводамъ изъ классическихъ трудовъ Бреггера, относящихся къ породамъ Христіаніи, а именно допущенію нѣкоторой средней магмы, изъ которой путемъ дифференціаціи выдѣлились остальные; только здѣсь та сила, которая вызываетъ дифференціацію, получаетъ совершенно необыкновенное и неожиданное развитіе.

Въ описаніи наблюденій этого рода и состоитъ главная часть этой статьи.

Предварительно нѣсколько словъ объ общемъ геологическомъ строеніи мѣстности.

Къ востоку отъ Рудничной горы, несущей въ себѣ главнѣйшіе рудные потоки Кедабека чрезвычайно обширная площадь занята среднезернистыми породами, нѣкоторые представители которыхъ мною уже раньше были изучены и описаны съ большою подробностью и оказались аномальными кварцевыми діоритами¹⁾. Восточныя границы этой площади мною наблюдаемы не были, но во всякомъ случаѣ массивъ распространяется на нѣсколько верстъ.

Не упоминая пока о разнообразіи въ его собственной толщѣ, я долженъ отмѣтить то обстоятельство, что во многихъ мѣстахъ онъ пересѣкается жильными образованіями двоякаго рода, хотя простираніе тѣхъ и другихъ представляется почти одинаковымъ, преимущественно меридіональнымъ, а паденіе очень крутое, почти отвѣсное. Жилы перваго рода имѣютъ значительную толщину, и въ нихъ то дифференціація достигаетъ поразительныхъ размѣровъ. По преобладающей породѣ назову эту жильную толщу салитъ-діабазовою. Напротивъ того, жилы втораго рода всегда незначительной толщины, отличаются замѣчательною правильностью и однородностью, постоянствомъ состава и сложенія; онѣ состоятъ именно изъ весьма тонкозернистаго діабазы, или иначе діабазоваго афанита, или, наконецъ, діабазита.

Въ такомъ видѣ этотъ массивъ приграничивается къ образованіямъ Рудничной горы.

1) Zeitschrift für Krystallographie, 33, 129. Вообще, въ виду того, что нельзя сдѣлать самаго краткаго геологическаго очерка этой мѣстности, не упомянувъ о новыхъ петрографическихъ типахъ, могущихъ быть не-

знакомыми читающему эти строки, я рекомендовалъ бы предварительно получить о нихъ понятіе по объясненіямъ къ таблицамъ.

Но разъ переступаемъ предѣлы этой толщи и вторгаемся въ нѣдра этой горы, встрѣчаемъ нѣчто столь сложное, что едва ли не заходимъ и за предѣлы возможности яснаго представленія себѣ всѣхъ главнѣйшихъ чертъ этого строенія.

Самое соприкосновеніе рудной толщи представляется въ высшей степени запутаннымъ, хотя и отчетливо наблюдается въ круто пересѣкающихъ линіи соприкосновенія восточныхъ оврагахъ этой горы.

Здѣсь послѣ мощной свиты ясно слоистой салитъ-діабазовой толщи, мы видимъ вторичный кварцитъ въ тѣсномъ соприкосновеніи и разнообразныхъ взаимныхъ проникновеніяхъ съ сильно вывѣтрившимися частями толщи кварцевыхъ діоритовъ, легко распознающихся какъ по среднему зерну, такъ и по характеру вывѣтриванія и рассыпанія въ песчанистую массу.

Въ многочисленныхъ штольняхъ, перерѣзывающихъ во всевозможныхъ направленіяхъ, съ разныхъ сторонъ и на разныхъ высотахъ Рудничную гору, мы уже больше нигдѣ представителей толщи кварцевыхъ діоритовъ не встрѣчаемъ. По имѣющимся рудничнымъ разрѣзамъ можно было бы думать, что кварцеводіоритовый массивъ покрываетъ въ мѣстѣ соприкосновенія кварцитоворудную толщу. Однако это допущеніе безусловно опровергается слѣдующими фактами.

Во первыхъ нигдѣ на Рудничной горѣ мы абсолютно не встрѣчаемъ выше рудной толщи ничего, чтобы хотя отдаленнымъ образомъ намъ напоминало кварцеводіоритовое прикрытіе. Напротивъ того, хотя и въ видѣ исключенія, напр. въ Струве-штольнѣ, мы наблюдаемъ ниже рудныхъ толщъ выходъ болѣе или менѣе типичныхъ габбро, а эти породы, какъ будетъ показано дальше, составляютъ одинъ изъ несомнѣнно-констатированныхъ продуктовъ дифференціаціи кварцево-діоритоваго массива. Это обстоятельство заставляеть думать, что массивъ продолжается и дальше подъ Рудничною горою; но вообще онъ залегаетъ ниже уровня не только проведенныхъ штоленъ, но и пересѣкающихъ овраговъ.

Вся вообще толща Рудничной горы съ окружающими возвышенностями представляетъ остатки грандіознаго вулкана, сохранившіе едва исчерпаемое разнообразіе продуктовъ его дѣятельности и дальнѣйшей жизни.

Опредѣлить геологическій возрастъ этого вулкана при ограниченности площади нашего изслѣдованія не представляется никакой возможности; судя по изложеннымъ ниже фактамъ, приходится однако думать, что возрастъ этотъ не изъ самыхъ новыхъ и что періодъ дѣятельности вулкана былъ весьма продолжителенъ. Одно является несомнѣннымъ, что онъ отнюдь не выносилъ на поверхность слишкомъ однороднаго состава магмы, но что магма эта, постоянно подвергаясь дифференціаціи въ широкихъ предѣлахъ, обуславливала и изверженія весьма различнаго состава. Въ толщѣ этого вулкана мы встрѣчаемъ всякаго рода продукты какъ жильныхъ пересѣченій, такъ и туфовыхъ выбросовъ, и совершенно особое развитіе лавовыхъ потоковъ, по своей правильной слоистости до иллюзіи подражающихъ правильнымъ пластамъ. Въ этой толщѣ потоковъ разнообразіе доходитъ, а можетъ быть и переходитъ предѣлы гдѣ либо наблюдавагося.

Начиная отъ такихъ основныхъ породъ, какъ истинные анортитофоры, мы доходимъ до настоящихъ липаритовъ, необыкновенно изобилующихъ первичными кварцевыми выдѣленіями. И смѣна столь крайнихъ по составу породъ бываетъ столь быстра и неожиданна, что рѣшительно не съумѣю привести аналогичныхъ примѣровъ изъ какихъ либо другихъ мѣстностей.

Рудная толща приурочивается ко вторичнымъ кварцитамъ, имѣющимъ въ общемъ геологическомъ строеніи не строго разграниченное мѣсто и связанныхъ между собою однимъ общимъ признакомъ—кварцитизаціей; далеко не всегда процессъ этотъ завершился въ полной мѣрѣ; довольно часто остаются еще слѣды первоначальныхъ минераловъ, и по нимъ можно нерѣдко возстановить первоначальную породу, а вмѣстѣ съ тѣмъ констатировать нѣкоторое разнообразіе въ толщѣ, претерпѣвшей этотъ видъ метаморфизаціи¹⁾.

Вообще можно считать строго установленнымъ, что въ числѣ первоначальныхъ породъ, подвергшихся кварцитизаціи, находились представители глубинныхъ и жильныхъ породъ напр. аномальные кварцевые діориты, и салитъ-діабазы; но повидимому преобладающимъ образомъ этотъ процессъ охватилъ толщу самыхъ кислыхъ лавовыхъ потоковъ, въ то же время и древнѣйшихъ по возрасту.

Замѣчательно, что только посреди этой толщи въ менѣе метаморфизованныхъ частяхъ (изрѣдка не замѣчалось и слѣдовъ метаморфизаціи) точное оптическое опредѣленіе указало на частое присутствіе ортоклаза, кислыхъ плагіоклазовъ, нѣсколько разъ даже прямо альбита (причемъ порода по структурѣ и другимъ видимымъ признакамъ оказывалась почти тождественною съ Богословскими альбитофирами).

Съ особенною отчетливостью на Рудничной горѣ констатируется то обстоятельство, что новѣйшія изверженныя жилы, тянущіяся съ замѣчательною правильностью, пересѣкающія всѣ остальные горныя образованія до вторичныхъ кварцитовъ включительно, всегда относятся къ діабазамъ или діабазитамъ (включая отчасти и діабазовые порфириды). Такимъ образомъ именно эти породы и происшедшіе изъ нихъ андезитовые потоки и туфы знаменуютъ послѣдній періодъ вулканической дѣятельности, по времени болѣе новый, чѣмъ кварцитизація; послѣ него вообще уже не произошло значительныхъ дислокацій.

Такъ какъ ничего подобнаго по отношенію къ салитъ-діабазовой жильной толщѣ не замѣчается, то едва ли можетъ оставаться сомнѣніе, что послѣдняя толща болѣе древняго происхожденія.

Однако и въ жилахъ діабазовой группы можно отличить два возраста. Пока для этого имѣется лишь одно несомнѣнное наблюденіе у самого устья Федоровской штольни. Въ живо-

1) Замѣчательно, что несмотря не значительно болѣе шую детальность этого изслѣдованія сравнительно съ изученіемъ вторичныхъ кварцитовъ Богословскаго округа, здѣсь ни разу при законченной кварцитизаціи не наблюдались контуры минераловъ и вообще текстуры первоначальной породы, какъ это часто имѣло мѣсто въ Богословскихъ кварцитахъ. Не зависитъ ли

это отъ того, что въ Богословскѣ процессу кварцитизаціи предшествовало вывѣтриваніе, тогда какъ въ Рудничной горѣ Кедабека толщи туфовъ и потоковъ настолько быстро покрылись мощными отложеніями новыхъ слоевъ, что процессъ вывѣтриванія могъ проявиться лишь въ весьма слабой мѣрѣ?

писномъ ущельи, въ которомъ находится это устье, мы видимъ чрезвычайное развитіе лавовыхъ потоковъ весьма основнаго состава, и вся эта толща съ замѣчательною правильностью пересѣкается двумя жилами діабазоваго состава. Болѣе новая выступаетъ въ видѣ эффектной дайки и легко прослѣживается въ глубь горы, приблизительно по простиранию ущелья; другая, къ ней перпендикулярная, даетъ себя знать только до пересѣченія съ дайкою; послѣдняя ясно ее перерѣзываетъ.

Въ видимомъ противорѣчій съ этимъ фактомъ стоитъ большое развитіе потоковъ, несущихъ въ себѣ большое число обломковъ андезита, но имѣющихъ составъ кедабекита то есть наиболѣе основной изъ всѣхъ эффузивныхъ породъ этой мѣстности. Страннымъ обстоятельствомъ является и отсутствіе жилъ наиболѣе кислыхъ магмъ, тогда какъ посреди андезитовыхъ и кедабекитовыхъ потоковъ нерѣдко встрѣчаются настоящіе дацитовые то есть весьма кислые.

Единственное, что я усматриваю для устраненія возникающихъ противорѣчій, это необычайную способность магмы дифференцироваться на составныя части. Во-первыхъ приходится допустить, что еще до наступленія изверженій магмъ, выдѣлившихъ кедабекитовые потоки, уже образовались значительныя толщи андезитовыхъ потоковъ. Во-вторыхъ, при всякомъ значительномъ изверженіи салитъ-діабазоваго періода мы и въ потокахъ имѣемъ такое же разнообразіе, какъ въ самой жильной толщѣ.

Что же касается древнѣйшихъ, и въ то же время самыхъ кислыхъ изверженій, то соотвѣтствующими вулканическими жилами, принесшими изверженный матеріалъ, могли быть жилы аплитовъ и гранитовъ, дѣйствительно кое-гдѣ констатируемыя въ окружающей мѣстности. Напр. такая аплитовая жила констатирована въ 200 саж. къ SO отъ рудничной конторы. Она ясно пересѣкаетъ толщу кварцевыхъ діоритовъ и прослѣживается до пересѣкающей ту же толщу салитъ-діабазовой жилы, гдѣ рѣзко обрывается. Это наблюденіе ставитъ внѣ сомнѣнія присутствіе весьма кислыхъ жилъ, болѣе древнихъ, чѣмъ салитъ-діабазовая жильная толща.

Отсюда, хотя и косвенно, приходится заключить, что въ основаніи мѣстности залегаетъ магматическій бассейнъ кварцевыхъ діоритовъ, и что изъ этого бассейна, прикрытаго образованіями, остающимися намъ неизвѣстными, части магмы выносились въ видѣ многочисленныхъ жилъ на поверхность и обусловили образованіе ряда вулкановъ. Въ восточной половинѣ отъ этихъ бывшихъ вулкановъ не осталось и слѣда (кромѣ, конечно, самихъ вулканическихъ жилъ; западная половина, составляющая Рудничную гору, есть разрушенный и значительно размыйтый вулканъ, имѣвшій длинную исторію.

Теперь разсмотримъ всю толщу горныхъ породъ съ чисто-петрографической точки зрѣнія, начиная отъ глубинныхъ.

Какъ уже было сказано, магма этихъ породъ отличается удивительною способностью расщепляться на болѣе или менѣе рѣдко обособившіяся магмы. Нерѣдко эти разщепившіяся магмы снова смѣшивались втеченіе періода отвердѣванія и обусловили образованіе аномальныхъ горныхъ породъ. Въ результатъ получилось большое число среднезернистыхъ пре-

красно окристаллизованныхъ породъ чрезвычайно разнообразнаго минералогическаго, и тѣмъ болѣе химическаго состава.

Наиболѣе кислую разностью являются глубинные аплиты. Въ образованіи ихъ какъ продуктовъ отщепленія магматическаго бассейна убѣждаетъ простое ознакомленіе съ распределеніемъ этой магмы и ея отношеніемъ къ окружающимъ.

Въ общемъ массивѣ глубинныхъ породъ, какъ сказано, занимающемъ огромную площадь къ востоку и сѣверовостоку отъ Рудничной горы, эта отщепленная магма не играетъ очень большой роли. Она наблюдается очень часто, но обыкновенно въ видѣ незначительныхъ штокообразныхъ массъ. Но кое-гдѣ наблюдались и очень значительныя ея скопленія. Наибольшее изъ нихъ открыто въ 4 верстахъ къ Ю отъ Рудничной горы около сел. Сюютлы. Здѣсь изъ аплита свѣтлокраснаго цвѣта составлено нѣсколько крупныхъ холмовъ, между тѣмъ какъ все окружающее пространство представлено толщею среднезернистыхъ породъ болѣе основнаго состава.

Наблюденія подобнаго рода мнѣ не рѣдко приходилось дѣлать и въ другихъ мѣстностяхъ развитія глубинныхъ изверженныхъ породъ.

Такъ въ разрѣзахъ р. Ушмы на Сѣверномъ Уралѣ изъ толщи роговообманновыхъ андезитовъ съ одной стороны выдѣляются бѣлые штоки, составленные почти на чисто изъ плагіоклаза; съ другой стороны мѣстами скопляются громадныя индивидуы паргасита въ одну почти черную массу. Изъ такого скопленія съ колоссальными индивидуами чернаго амфибола составлена напр. самая южная, остроконечная сопка горнаго хребта Чистопъ.

Но количественная разница въ отношеніи дифференціаціи громадна. Тогда какъ на Сѣверномъ Уралѣ почти приходилось наблюдать только сортировку минераловъ, здѣсь въ Кедабекѣ мы постоянно видимъ образованіе громадныхъ скопленій породъ совершенно иного минералогическаго состава.

Замѣчательно, что и здѣсь, какъ въ Богословскихъ глубинныхъ аплитахъ мы должны существенно различать породы двоякаго рода: обыкновенные ортоклазовые аплиты, и аплиты плагіоклазовые¹⁾. Въ Кедабекѣ напр. въ № 194 а мы имѣемъ развитіе крупныхъ кристалловъ ортоклаза или правильнаго его проростанія съ кварцемъ (пегматитовые). Но въ Кедабекѣ почти не наблюдалось столь развитыхъ въ Богословскѣ пертитовыхъ аплитовъ. Въ видѣ исключенія пегматитопертитовый аплитъ представляетъ порода № 2140. Въ плагіоклазовыхъ аплитахъ опредѣленіе плагіоклаза нерѣдко указывало на довольно основной членъ этой группы, нерѣдко даже № 50, но въ то же время ясно наблюдалась и слоистость этихъ плагіоклазовъ, и значительное развитіе даже олигоклаза. Конечно, встрѣчались и промежуточные члены, напр. въ аплитѣ № 3296 опредѣленъ № 33 (сложный двойников. законъ).

1) Эти разности были описаны въ трудѣ «Богословскій горный округъ». Въ самое послѣднее время Duparc и Pearce въ только что, вышедшемъ трудѣ «Recherches géologiques et pétrographiques sur l'Oural du Nord» окрестили подобныя породы новыми именами

діоритъ-аплитовъ и плагіоклазовъ. Видимо, этимъ авторамъ осталось неизвѣстнымъ наше описаніе породъ Богословскаго округа. Въ Богословскомъ округѣ породы этого рода относятся не къ жильнымъ, а къ глубиннымъ.

Эта порода замѣчательна еще въ томъ отношеніи, что не удалось въ микроскопическихъ препаратахъ различить глубинныхъ аплитовъ отъ жильныхъ, а также, что имѣя необычайную склонность образовывать тончайшія жилки, она почти всегда сохраняетъ замѣчательно крупное зерно, большее даже, чѣмъ большинство другихъ глубинныхъ породъ.

Кромѣ полевыхъ шпатовъ существенною составною частью аплитовъ является кварцъ. Отношеніе этихъ двоякаго рода минераловъ аплитовъ другъ къ другу весьма разнообразно и иногда весьма сложно.

Особенно интересно наблюденіе плагіоклазовыхъ аплитовъ, и въ частности наиболѣе нормальныхъ членовъ аплитовъ олигоклазовыхъ. Подъ словомъ нормальный я подразумѣваю здѣсь однородность составляющихъ минераловъ.

Въ среди чрезвычайно крупныхъ индивидовъ кварца мы наблюдаемъ здѣсь какъ бы обрывки крупныхъ же кристалловъ олигоклаза съ тонкою двойниковою штриховатостью, и притомъ эти обрывки неправильной формы не только одинаково ориентированы, но прямо какъ бы составляютъ продолженіе одного и того же двойниковаго кристалла. Но внимательное разсматриваніе показываетъ, что двойниковыя полосы одного обрывка совершенно не соотвѣтствуютъ полоскамъ другого. Такимъ образомъ, если бы мы возстановили кристаллъ олигоклаза какъ нѣчто цѣльное, то все-таки онъ распался бы на части, въ которыхъ расположеніе двойниковыхъ полосокъ различно, очевидно, раздѣляющіе эти части слои кварца обусловили независимое въ разныхъ частяхъ образованіе двойниковыхъ полосокъ при общей одинаковой ориентированности частей, явившейся какъ результатъ связности этой кристаллизаціи.

Третьимъ характернымъ и часто встрѣчаемымъ минераломъ аплитовъ является сфенъ, иногда образующемъ почти существенную составную часть породы. Невсегда этотъ минералъ можетъ быть подвергнутъ точному оптическому опредѣленію. Но при нашихъ изслѣдованіяхъ въ Кедабекѣ мы все-таки продѣлывали такое опредѣленіе не одинъ десятокъ разъ и всякій разъ констатировали двуосность, уголъ между оптическими осями около $25-30^\circ$ и положительный знакъ¹⁾.

Имѣя въ виду, что аплитъ связанъ постепенными переходами съ другими глубинными породами, мы легко поймемъ, что часто въ породахъ, которыя еще можно отнести къ аплиту, мы найдемъ присутствіе и ряда другихъ минераловъ (зеленая роговая обманка, салитъ, біотитъ и пр.); но они уже не будутъ характерными для этой породы, а только служатъ указателями на направленіе перехода въ составѣ.

Съ другой стороны именно эти переходы точнѣе всего устанавливають природу даннаго аплита, его геологическую роль и отношеніе къ окружающимъ породамъ.

Здѣсь будетъ уместно подробнѣе остановиться на различеніи магмъ дифференцирован-

1) Обращу вниманіе на то, что невсегда сфенъ бываетъ рѣзко окрашенъ и ясно плеохроиченъ, и тогда его легко смѣшать съ циркономъ. Намъ приходилось вначалѣ впадать въ ошибку, даже при болѣе подробномъ оптическомъ изслѣдованіи, когда острая биссектриса приближалась въ своемъ положеніи къ плоскости препарата. Такимъ образомъ различеніе сфена и циркона нерѣдко требуетъ особой осторожности.

ныхъ и смѣшанныхъ и на методахъ этого различенія; это составляетъ вопросъ общій, касающійся не только аплитовъ и даже пожалуй касающійся ихъ меньше, чѣмъ породъ, соответствующихъ среднему составу магмъ.

Въ принципѣ это раздѣленіе весьма просто.

Расщепленныя магмы образуютъ породы нормальныя, а смѣшанныя — породы аномальныя (конечно, при условіи, если смѣшеніе произошло, когда нѣкоторыя составныя части уже выдѣлились въ твердомъ видѣ).

Въ отношеніи аномаліи породъ то есть несоответствія валового химическаго состава съ выдѣленными минералами наблюдаются всевозможныя градаціи, вплоть до такихъ крайнихъ разностей, каковы описаны мною въ статьѣ «Ein extremer Fall in dem Schichtenbau der Plagioklasse»¹⁾.

Отсылая за подробностями къ оригиналу, здѣсь я позволю себѣ вкратцѣ повторить полученные результаты, тѣмъ болѣе, что теперь же впервые прилагается точное фотографическое воспроизведеніе одного изъ подробно изученныхъ зеренъ плагиоклаза въ аномальномъ кварцевомъ діоритѣ № 22 (табл. I фиг. 1), послужившихъ основаніемъ для выводовъ. Само описаніе приведено въ объясненіи таблицъ.

Изъ этого описанія несомнѣнно явствуетъ, что первоначально образовавшійся плагиоклазъ былъ битовнитъ № 75 то есть такой, каковой характеристиченъ для весьма основныхъ породъ, а именно для породъ группы габбро. Отсюда прежде всего былъ сдѣланъ выводъ, что при началѣ кристаллизаціи магма по своему составу соответствовала габбро. Рѣзкое разѣданіе и раствореніе большей части зерна показываетъ, что условія химическаго равновѣсія совершенно измѣнились и что магма, пришедшая впослѣдствіи въ соприкосновеніи съ образовавшимся уже зерномъ плагиоклаза стала гораздо болѣе кислою. Само собою разумѣется, что это могло произойти или отъ смѣшенія первоначальной магмы съ гораздо болѣе кислою или отъ перенесенія зерна въ болѣе кислую часть магмы. Въ сущности оба эти возможныя допущенія равнозначны: различіе только въ выраженіи. Если прежняя магма смѣшалась съ гораздо болѣе кислою, то это значитъ, что въ одномъ и томъ же магматическомъ резервуарѣ находились въ соприкосновеніи обѣ магмы, какъ основная, такъ и кислая; передвинулась ли кислая часть магмы по направленію къ зерну, которое непонятнымъ образомъ оставалось на мѣстѣ при этомъ движеніи, или же зерно перенеслось изъ болѣе основной части магмы въ болѣе кислую, для примѣненія понятія о химическомъ равновѣсіи различія не получается. Съ механической точки зрѣнія, конечно, наиболѣе вѣроятно движеніе и того, и другого, то есть и зерна, и магмы.

Разница въ составѣ магмъ такъ велика, что зерно не только разѣдено снаружи, но раствореніе проникло глубоко внутрь, захватило все ядро кристалла, и отъ послѣдняго осталось только неправильной формы оболочка вродѣ толстаго мѣшка съ отверстіемъ, чрезъ которое проникла кислая магма.

1) Zeitschrift für Krystallographie, 33 стр. 127 сл.

Вдумываясь въ детали наблюдаемаго явленія, мы легко замѣтимъ, что когда началась новая кристаллизація, то на разѣденномъ ядрѣ, стали отлагаться въ правильно ориентированномъ положеніи новые слои плагіоклаза, а именно андезина около № 40, и уже затѣмъ какъ внутри, такъ и снаружи стали наростать слои олигоклаза № 28. Первые же отложившіеся слои выравнили неровности разѣденной поверхности и образовались правильно образованныя кристаллическія грани. Становится понятнымъ даже отложеніе слоевъ промежуточнаго андезина, такъ какъ у самой поверхности разѣденнаго ядра магма въ большой мѣрѣ насытилась элементами анортита и стала болѣе основною, чѣмъ на нѣкоторомъ разстояніи¹⁾.

Заслуживаютъ вниманіе также послѣдніе остатки отъ растворенія пироксеновъ и амфиболовъ въ формѣ небольшихъ округленныхъ включеній въ наружномъ олигоклазовомъ слоѣ. Включенія эти говорятъ какъ о томъ, что не только полевые шпаты, но и образовавшіеся другіе минералы при измѣненіи состава магмы перестали находиться въ химическомъ равновѣсіи и подверглись растворенію, такъ и о томъ, что это раствореніе произошло раньше, чѣмъ стали отлагаться олигоклазовые слои то есть когда охлажденіе магмы достигло той степени, когда вещество олигоклаза приняло въ растворѣ пересыщенное состояніе.

Магма оказалась столь кислую, что даже послѣ смѣшенія съ первоначальною магмою габбро, явилась пересыщенною кремнеземомъ, и въ концѣ концовъ окристаллизовался кварцъ, который нигдѣ въ породѣ не приходитъ въ соприкосновеніе съ основнымъ ядромъ въ плагіоклазѣ, но всегда приграничивается къ олигоклазу, съ которымъ вещество его въ расплавленномъ видѣ и находится въ химическомъ равновѣсіи.

Детальными Богословскими изслѣдованіями было доказано, что плагіоклазъ № 50 то есть лабрадоръ въ магмѣ не можетъ находиться въ равновѣсіи съ расплавленнымъ кварцемъ, что это имѣетъ мѣсто только для болѣе кислыхъ плагіоклазовъ.

Другой вопросъ, откуда явились резервуары болѣе кислыхъ магмъ. Естественнo, что я предполагалъ сначала, что въ эти магмы вовлечены извнѣ большія массы кислаго матеріала, и могъ усмотрѣть этотъ матеріалъ напр. въ громадныхъ толщахъ столь распространенныхъ въ этой мѣстности вторичныхъ кварцитовъ. Теперешнее детальное ознакомленіе съ геологическимъ строеніемъ этихъ мѣстъ совершенно устраняетъ это предположеніе и заставляетъ принять значительное напряженіе силы дифференціаціи здѣшнихъ магмъ, создавшее отщепленіе изъ средней магмы какъ крайне основныхъ, такъ и крайне кислыхъ резервуаровъ. Объ этомъ непосредственно свидѣтельствуетъ выше приведенное наблюденіе значительныхъ аплитовыхъ резервуаровъ, со всѣхъ сторонъ окруженныхъ болѣе основными породами и все таки до такой степени кислыхъ, что кварцъ является преобладающею составною частью.

Съ другой стороны кварцитизація то есть образованіе вторичныхъ кварцитовъ оказа-

1) Менѣе понятно отношеніе въ ядрѣ кристалла | магмъ, какая имѣла мѣсто въ данномъ случаѣ, было бы
именно олигоклаза, тождественнаго съ самымъ наруж- |
нымъ слоемъ. Однако, при той сложности отношеній | непозволительно ожидать вполне отчетливыхъ резуль-
татовъ.

лась настолько позднѣйшимъ явленіемъ, что оно охватило часть кварцево-діоритовой магмы и пересѣкающей его салитъ-діабазовой жильной толщи.

Итакъ, въ этой части Закавказья образованіе какъ самыхъ кислыхъ, такъ и самыхъ основныхъ магмъ имѣетъ въ своемъ основаніи процессъ дифференціаціи. Этотъ процессъ обуславливаетъ присутствіе всѣхъ промежуточныхъ магмъ и появленіе непрерывной серіи породъ въ нормальномъ видѣ. Но такъ какъ до полного застыванія движеніе магмъ не прекратилось и не могло прекратиться, хотя бы вслѣдствіе большого различія въ удѣльномъ вѣсѣ образующихся продуктовъ магматическаго отщепленія, то одновременно съ этимъ процессомъ образованія нормальныхъ дифференцированныхъ магмъ, шло ихъ смѣшеніе, приводившее къ образованію породъ аномальныхъ. Понятно даже, почему послѣднія при такихъ условіяхъ имѣютъ столь значительное развитіе.

Всѣ эти выводы были уже сдѣланы во время Богословскихъ детально-геологическихъ изслѣдованій, несмотря на то, что въ тамошнихъ магмахъ сила дифференціаціи несравненно слабѣе, а результаты ея проявленія — образованіе аномальныхъ породъ — замѣчались почти только въ бассейнахъ глубинныхъ магмъ. Въ Кедабекѣ же, какъ увидимъ дальше, что сила проявляетъ себя даже въ жильныхъ породахъ и потокахъ эффузивныхъ породъ.

Въ этихъ выводахъ изъ прямыхъ наблюденій кроются и предсказанія.

Въ 1900 г., когда эти выводы были сдѣланы, въ Кедабекѣ настоящихъ габбро еще не было открыто, а между тѣмъ выводы указываютъ на нихъ какъ на первоначальную породу, изъ которой возникъ описанный аномальный кварцевый діоритъ.

Теперь это предсказаніе подтвердилось въ полной мѣрѣ, и выходы габбро въ Кедабекѣ нашлись во многихъ пунктахъ, даже въ предѣлахъ самой Рудничной горы напр. въ Струве-штольнѣ.

Таковыя предсказанія въ научной области составляютъ самую лучшую пробу теоретическихъ посылокъ, лежащихъ въ основаніи. Скажу больше, только тогда, когда въ какой-нибудь научной отрасли начались предсказанія, она только впервые можетъ считаться достигшею стадіи настоящей научности: иначе она не болѣе какъ голый эмпиризмъ.

Итакъ, отмѣтимъ тотъ фактъ, что исключительно детальныя геологическія изслѣдованія послѣдняго времени подвинули и петрографію до стадіи настоящей науки. Изъ дальнѣйшаго увидимъ, что область предсказаній, благодаря примѣненію понятія о химическихъ равновѣсій и вообще многочисленнымъ заимствованіямъ изъ области физической химіи, значительно расширилось.

Насколько мнѣ извѣстно, до послѣдняго времени петрографамъ было чуждо понятіе объ аномальныхъ породахъ, между тѣмъ какъ это понятіе есть одно изъ основныхъ въ этой наукѣ, и, не пользуясь имъ, совершенно невозможно правильно ставить другіе коренные вопросы петрографіи; даже самый основной вопросъ о классификаціи изверженныхъ горныхъ породъ, столь занимающій петрографовъ въ послѣдніе годы и въ то же время упорно не подвигающійся впередъ на точномъ основаніи, а рѣшаемый ими путемъ субъективной интуиціи или на основаніи довольно произвольно выставленныхъ принциповъ.

Чтобы освѣтить этотъ вопросъ, достаточно отмѣтить то обстоятельство, что выдѣленію, предсказанію и классифицированію подлежатъ только нормальныя изверженныя породы. Аномальныя же породы какъ результатъ болѣе или менѣе случайнаго смѣшенія магмъ, уже выдѣлившихъ изъ себя часть минеральныхъ составныхъ частей, ни предсказанію, ни классифицированію (въ точномъ смыслѣ этого слова) не подлежатъ и даже при одномъ и томъ же составѣ могутъ мыслиться въ безконечномъ разнообразіи.

Аномальныя породы представляютъ, конечно, глубокий научный интересъ; именно онѣ доставятъ намъ лучший матеріалъ для геологической исторіи мѣстности, для пониманія происходившихъ процессовъ; этотъ матеріалъ въ области изверженныхъ породъ долженъ играть роль, аналогичную съ тѣмъ, что доставляютъ ископаемыя при изученіи породъ осадочныхъ. Но онѣ могутъ быть только описываемы, какъ всякій случайный и сложный продуктъ стеченія разнаго рода обстоятельствъ; подводить же ихъ подъ разъ навсегда определенныя рубрики рѣшительно невозможно: онѣ индивидуальны.

Если мы назовемъ столь распространенную въ окрестностяхъ Кедабека глубинную породу аномальнымъ кварцевымъ діоритомъ, то этимъ мы можемъ охарактеризовать только валовой составъ ея магмы, но отнюдь не индивидуальность этой породы. Мы можемъ условиться называть аномальныя породы именно по валовому ихъ химическому составу или, точнѣе, воспроизвести для нея то названіе, которое получила бы нормальная порода, если бы аномальная порода была вновь расплавлена и подверглась бы нормальной кристаллизаціи при тѣхъ же внѣшнихъ физическихъ условіяхъ, при какихъ возникла аномальная порода.

Теперь перейдемъ къ другимъ глубиннымъ разностямъ породъ Кедабека.

О габбро, какъ породѣ предсказанной и дѣйствительно наблюдаемой во многихъ пунктахъ, было упомянуто выше. Этотъ членъ глубинной толщи является отчасти противоположнымъ по отношенію къ аплитамъ. Конечно, нужно ожидать и всѣхъ промежуточныхъ.

Таковыя, дѣйствительно, и наблюдались въ видѣ цѣлой серіи такъ называемыхъ (хотя и неправильно) кварцевыхъ габбро, не содержащихъ роговой обманки, но содержащихъ плагіоклазъ, болѣе кислый, чѣмъ въ настоящихъ габбро (начиная отъ № 50 и кислѣе), роговообманковыхъ андезититовъ, не содержащихъ кварца, но все-таки болѣе кислыхъ, чѣмъ габбро, нормальныхъ діоритовъ и кварцевыхъ діоритовъ, а также біотитовыхъ сіенитовъ и гранитовъ (или скорѣе андезититовъ, такъ какъ вообще ортоклазъ является въ Кедабекѣ довольно рѣдкимъ представителемъ¹⁾).

Едва ли не чаще, чѣмъ эти нормальныя породы, въ окрестностяхъ Кедабека наблюдаются соотвѣтствующія аномальныя породы. Изъ выше изложеннаго явствуетъ, что это зави-

1) Этотъ минералъ, въ самомъ обыкновенномъ случаѣ Карльсбадскихъ двойниковъ, проще всего определяется оптическимъ путемъ тѣмъ, что ось *ng* совмѣщается съ осью универсальнаго столика; тогда главная плоскость (010) наблюдается какъ общая оптическая

плоскость симметріи для обоихъ индивидовъ двойника. Впрочемъ, нужно имѣть въ виду, что, хотя не точно, но хоть приблизительно это имѣетъ мѣсто для плагіоклаза около № 18.

ситъ отъ силы дифференціаціи Кедабековой магмы и, конечно, отъ постоянныхъ движеній этой магмы почти до момента полного ея отвердѣванія.

Но здѣсь наблюдается, и играетъ не малую роль, особый продуктъ дифференціаціи, представляющій также крайне основную разность, а именно породы, существенно содержащія гранаты.

Эти породы существенно отличаются отъ авгитогранатовыхъ породъ Богословскаго округа и другихъ частей земнаго шара, гдѣ онѣ образуютъ лакколиты. Напротивъ того, въ Кедабекѣ не замѣчено никакихъ слѣдовъ образованія лакколитовъ и совершенно отчетливо появленіе этихъ породъ въ качествѣ продуктовъ дифференціаціи.

Въ формахъ проявленія этихъ породъ существуетъ полная аналогія съ тою, какая отмѣчена для аплитовъ. И эти гранатовыя породы выходятъ въ очень большомъ числѣ пунктовъ на площади развитія глубинныхъ магмъ въ видѣ штоковъ самой разнообразной величины вплоть до штоковъ колоссальныхъ размѣровъ, значительно превышающихъ размѣры въ 50 — 100 сажень. Наибольшій опредѣленный до сихъ поръ выходъ этихъ породъ констатированъ въ оврагѣ съ лѣваго берега Кедабекской рѣчки, ближайшемъ съ западной стороны къ дому директора завода. Чаше всего гранаты въ этихъ породахъ является столь преобладающимъ минераломъ, что по внѣшнему виду эти породы можно принять за чисто гранатовыя¹⁾. Но микроскопическія изслѣдованія показываютъ, что онѣ отнюдь не состоятъ изъ одного граната, а представляютъ тѣже минералогическія составныя части, что и жильныя породы, описанныя раньше подъ именемъ кедабекитовъ, хотя и нисколько на нихъ не похожи. Чтобы не обременять петрографію новыми, изобрѣтенными, названіями, будемъ называть ихъ *глубинными кедабекитами*. Составъ и сложеніе такого глубиннаго кедабекита усматривается изъ фиг. 3 табл. I.

Они отличаются, помимо структуры, отъ жильныхъ кедабекитовъ, еще маломъ содержаніемъ пироксеновъ и крупными кристаллами весьма основного плагіоклаза.

Такимъ образомъ, уже это первое различіе свидѣтельствуетъ о томъ, что при изверженіи этихъ породъ гранаты менѣе охотно слѣдовалъ вверхъ по трещинамъ, чѣмъ пироксенъ; тогда какъ жильные кедабекиты отличаются изобиліемъ пироксена (особенно віолаита) и какъ бы стремятся перейти въ столь распространенную жильную разность — віолаитъ-діабазъ, глубинные кедабекиты какъ бы стремятся отдѣлаться отъ пироксена и перейти въ глубинную разность гранато-анортитовую породу съ преобладающимъ содержаніемъ граната.

Принявъ во вниманіе большой удѣльный видъ граната, станетъ понятно это обѣдненіе граната въ жилахъ на пути магмы кверху, а ровно и стремленіе этого минерала на глубинахъ отсортировываться отъ другихъ, болѣе легкихъ минераловъ.

1) Эти продукты дифференціаціи не заключаютъ въ себѣ, подобно Богословскимъ породамъ, существенной вкрапленности халькопирита, а тѣмъ менѣе рудныхъ жилъ. Последнее вполне понятно, такъ какъ послѣднія образуются только у кровли лакколитовъ и интрузивныхъ жилъ. Но нѣкоторая примѣсь этого минерала въ магмѣ все-таки имѣется, какъ объ этомъ упомянуто выше при описаніи этого минерала.

Въ виду широко распространеннаго въ прежнее время мнѣнія, мнѣнія, поддержаннаго въ послѣднее время однимъ русскимъ изслѣдователемъ (не успѣвшимъ, впрочемъ, ознакомиться не только съ Богословскими мѣсторожденіями, но даже съ составленнымъ нами описаніемъ этихъ мѣсторожденій и общаго геологическаго строенія округа), позволю себѣ остановиться на разъясненіи этого вопроса.

1) Прежде всего нужно отмѣнить отсутствіе метаморфизованности породъ этого рода въ Кедабекѣ. Если бы пришлось признать ихъ метаморфизованность, то по тѣсной связи и постепеннымъ переходамъ къ другимъ породамъ пришлось бы признать и всѣ остальные породы Кедабека (а слѣдовательно и всѣ вообще изверженныя породы всего міра) за метаморфизованныя, то есть отказаться отъ единственно твердаго научнаго пути исходить отъ извѣстнаго къ неизвѣстному, а не обратно.

Что значитъ признать метаморфизованность?

Съ моей точки зрѣнія, и думается съ точки зрѣнія научныхъ петрографовъ вообще, это значитъ открытіе прямыхъ указаній на присутствіе первоначальныхъ породъ, существенно отличающихся отъ признанныхъ за метаморфизованныя и того ряда измѣненій, который онѣ претерпѣли, чтобы принять ихъ настоящій обыкновенный видъ.

Но какъ въ отношеніи авгитогранатовыхъ породъ, такъ и въ отношеніи кедабекитовъ мы замѣчаемъ какъ разъ обратное. Эти породы оказываются весьма постоянными и устойчивыми на глубинахъ, въ отсутствіи метаморфическихъ вліяній; при появленіи же таковыхъ и близко къ поверхности, именно онѣ проявляютъ особую склонность къ метаморфизаціи, образуя разнообразныя эпидозиты и вообще большой циклъ вторичныхъ породъ; образованіе этого цикла легко прослѣживается шагъ за шагомъ, и именно къ упомянутымъ породамъ мы путемъ детальнаго педантическаго прослѣживанія приходимъ какъ къ первоначальнымъ, исходнымъ.

Не онѣ есть результатъ вторичнаго измѣненія, но какъ разъ наоборотъ, онѣ сами чрезвычайно легко поддаются вторичнымъ измѣненіямъ, и мы добираемся до нихъ именно тогда, когда вторгаемся въ глубины, гдѣ онѣ особенно хорошо защищены отъ этихъ измѣняющихъ ихъ условій, но еще не подверглись измѣненіямъ большихъ глубинъ.

2) Новѣйшая наука на безчисленныхъ примѣрахъ демонстрировала предъ нами фактъ химическаго равновѣсія твердыхъ тѣлъ, выдѣляющихся изъ растворовъ, въ частности изъ огненножидкихъ магмъ.

Это понятіе о химическомъ равновѣсіи дало въ руки весьма важный критерій для различенія первоначально образованныхъ сочетаній минераловъ отъ возникшихъ путемъ метаморфизаціи и вообще вслѣдствіе позднѣйшихъ измѣненій.

Каждый, нѣсколько ознакомившійся со свитою настоящихъ метаморфическихъ породъ, можетъ привести весьма яркіе примѣры колоссальнаго различія ихъ отъ породъ первоначальныхъ, выдѣлившихся изъ расплавленныхъ магмъ при условіи соблюденія химическаго равновѣсія.

Возьмемъ напр. часто встрѣчающійся на западномъ склонѣ Сѣвернаго Урала (напр.

по р. Вёлсу) членъ метаморфической толщи, представляющій кварцито — или мраморовидный агрегатъ кварца и кальцита. Можетъ ли быть здѣсь рѣчь о химическомъ равновѣсіи. Порода не измѣняется химически только потому, что всѣ ея части приняли твердый видъ и не способны къ молекулярнымъ передвиженіямъ чрезъ поверхность соприкосновенія. Но поднимемъ температуру до плавленія, и выдѣлится углекислота, а кремнеземъ съ известью образуетъ волластонитъ. Въ такъ называемомъ везувіановомъ выходѣ Кедабека, представляющимъ контактное образование изверженной породы мы именно и имѣемъ предъ собою сочетаніе граната, везувіана и волластонита.

Въ гнейсахъ всего міра кварцевыя зерна прекрасно уживаются въ непосредственномъ соприкосновеніи съ зернами граната, хотя большею частью, минералъ этотъ представленъ альмандиномъ, не встрѣчающимся въ изверженныхъ породахъ. Въ частности, въ гнейсахъ, развитыхъ у югозападной границы Богословскаго округа мы также имѣемъ агрегатъ, въ составѣ котораго находится и кварцъ, и гранатъ (и притомъ желѣзоизвестковистый); и каждый, ознакомленный съ мѣстностью и характеромъ проявленія этихъ сочетаній, ни на минуту не усумнится въ метаморфическомъ происхожденіи всей породы вообще.

Напротивъ того, какъ въ авгитогранатовыхъ породахъ напр. Богословскаго округа, такъ и въ кедабекитахъ Кедабека мы видимъ ясное проявленіе химическаго равновѣсія раствора и выдѣляющагося изъ него твердаго тѣла. И Кедабекъ оказалъ въ этомъ отношеніи важную услугу, фактически доказавъ, что если въ магмѣ соприкасаются желѣзоизвестковый гранатъ и плагіоклазъ, то послѣдній въ нормальной породѣ непременно долженъ быть крайне основнымъ, а не какимъ либо другимъ членомъ ряда плагіоклазовъ.

Это, впрочемъ, было и прямо предусматрѣно развитою авторомъ тетраэдрическою схемою¹⁾. Достаточно по этому методу найти въ тетраэдрѣ точку, выражающую валовой составъ кедабекита, чтобы увидѣть, что соответствующая магма должна распасться на членъ, близкій къ анортиту, гранатъ и пироксенъ, близкій къ діонсиду, (а никакъ не эгирину). Это построение привело уже разъ къ предсказанію, вполне оправдавшемуся на опытѣ.

Когда лѣтомъ 1900 г. авторъ получилъ валовой анализъ кедабекита и сдѣлалъ только что указанное построение, то увидѣлъ, что зеленый минералъ, принимавшійся имъ раньше за эгиринъ²⁾ не можетъ быть имъ, а потому обратился къ спеціальному анализу этого пироксена, и этотъ анализъ привелъ къ открытію віолаита то есть минерала, дѣйствительно стоящаго весьма близко къ діонеиду. Какъ разъ въ это время пришла статья Віола «О Федоровитѣ» и естественно, что до окончанія анализа авторъ впалъ въ другую ошибку, принимая этотъ составной минералъ кедабекита за Федоровитъ, пока анализъ не указалъ на существенное различіе обоихъ минераловъ.

Такимъ образомъ віолаитъ явился отчасти результатомъ предсказанія, основаннаго на теоретическомъ представленіи о химическомъ равновѣсіи и примѣненіи тетраэдрической схемы.

1) Въ статьѣ, «Естественная классификація и символика химическихъ составовъ изверженныхъ горныхъ породъ» въ З. И. Минерал. Общес.

2) Эта ошибка попала даже въ печать въ Zeitschrift für Krystallographie 33 стр. 130 въ примѣчаніи.

Если изъ той же схемы присутствіе анортита вытекаетъ какъ логическій выводъ, то ясно, что именно кедабекитъ, равно какъ и авгитогранатовыя породы — не болѣе какъ предѣльный членъ группы кедабекита — въ совершенствѣ осуществляются условіе химическаго равновѣсія, а вмѣстѣ съ тѣмъ безусловно отвергается представленіе о метаморфизованности породы.

3) Къ тому же выводу приводитъ и характеръ проявленія кедабекитовыхъ породъ въ природѣ, какъ объ этомъ упомянуто выше; изъ него непосредственно вытекаетъ заключеніе о происхожденіи ихъ путемъ магматической дифференціаціи.

4) Совершенно убѣдительнымъ самымъ по себѣ фактомъ является изученіе переходныхъ ступеней между авгитогранатовыми породами, кедабекитами и другими разностями изверженныхъ породъ, изученіе это показало полную непрерывность въ этихъ переходахъ. Въ этомъ отношеніи Кедабекъ также оказалъ очень важную услугу.

Наконецъ 5) въ томъ же Кедабекѣ нашлись и эффузивныя разности кедабекитовъ вплоть до настоящихъ кедабекитовыхъ стеколъ (напр. въ Федоровской штольнѣ); оказалось, что даже въ присутствіи стекла составъ минераловъ остается существенно тотъ же; тутъ мы имѣемъ уже предъ собою непосредственное осуществленіе химическаго равновѣсія.

Всѣмъ сказаннымъ болѣе или менѣе исчерпывается наблюденное до сихъ поръ разнообразіе породъ глубиннаго магматическаго бассейна Кедабекскаго района.

Теперь, по примѣру *Бренера*, мы зададимъ себѣ вопросъ: что составляетъ нормальную, среднюю магму Кедабека?

По примѣру того же ученаго мы назовемъ среднюю магму ту, которая получилась бы, еслибы весь магматическій бассейнъ былъ перемѣшанъ въ одну однородную магму.

Конечно, составленная геологическая карта не только не захватываетъ всего бассейна, но можно сказать, что только чуть чуть его затрагиваетъ, а по тому приѣмъ, употребленный *Бренеромъ* для опредѣленія средней магмы окрестностей Христіаніи, пока не можетъ быть примѣненъ къ Кедабеку. Да и въ самомъ методѣ *Бренера* кроется простая существенная неточность.

Я уже не говорю о невозможности сколько нибудь удовлетворительно опредѣлять площади развитія каждаго отдѣльнаго петрографическаго вида. Помимо этого, прежде всего мы не можемъ получить удовлетворительной цифры химическаго состава даже для каждаго изъ этихъ видовъ, взятыхъ въ отдѣльности. Въ этомъ легко убѣждаютъ тѣ сильныя варіаціи въ химическомъ составѣ, которыя детальное изслѣдованіе показываетъ почти въ каждой произвольно взятой точкѣ; а между тѣмъ для химическаго анализа берется самая ничтожная горсточка породы.

Затѣмъ нельзя же также допустить, что истинный средній составъ, взятый на поверхности, совпадетъ со среднимъ составомъ, взятомъ въ объемѣ всего бассейна. Такое допущеніе было бы связано съ нѣсколькими невѣроятными предположеніями. Такимъ образомъ, мы вообще лишены возможности со сколько-нибудь удовлетворительною точностью получить цифры, выражающія химическій составъ средней магмы. Мы можемъ рассчитывать только

на самыя грубыя приближенія, а для полученія таковыхъ можемъ весьма разнообразить методъ такого полученія.

Можно допустить, что мы получимъ результатъ, мало уступающій въ точности методу Брэггера, если за средній составъ магмы примемъ тѣ ея части, гдѣ въ наиболѣе сильной степени имѣло мѣсто ея перемѣшиваніе. А это именно относится къ наиболѣе рѣзко аномальнымъ породамъ; къ таковымъ же въ районѣ Кедабека относятся именно аномальныя кварцевые діориты.

Такъ какъ лучшей характеристикой данной магмы является именно составъ полевыхъ шпатовъ, то вопросъ еще болѣе упростится, будучи приведеннымъ къ вопросу, каковъ средній составъ плагіоглаза данной магмы, или иначе, какой плагіоклазъ получится отъ расплавленія и новой кристаллизаціи всѣхъ плагіоклазовъ аномальнаго кварцеваго діорита. На этотъ вопросъ, въ самой грубой стадіи приближенія, легко отвѣтить почти при одномъ взглядѣ на препаратъ, отдавая себѣ отчетъ въ составѣ отдѣльныхъ слоевъ. Напр. изъ фиг. 1 табл. I мы ясно усматриваемъ, что битовнитъ № 75 играетъ далеко не первенствующую роль; нѣсколько меньшую роль играетъ андезитъ № 40, а преобладающее значеніе имѣетъ плагіоклазъ № 28. Можно принять напр., что отношеніе этихъ составныхъ частей какъ 3: 2: 5; тогда составъ средняго плагіоклаза вычислится самъ собою и получится именно 44,6 то есть промежуточный между андезиномъ и лабрадоромъ.

Что это довольно близко къ истинѣ, можно усмотрѣть также изъ состава жильной толщи.

Забѣгая нѣсколько впередъ, замѣчу, что въ этой толщѣ салитъ діабазы представляютъ и значительно преобладающую породу, и въ то же время какъ разъ среднюю по составу, отъ которой въ одну сторону идутъ болѣе кислыя, а въ другую сторону болѣе основныя разности. Впрочемъ и подъ названіемъ салитъ-діабаза приходится подразумѣвать не сколько-нибудь строго выдѣленную породу, но цѣлый рядъ разностей, выполняющихъ промежутки какъ между легко отличающимися кислыми разностями, такъ и между легко отличающимися основными разностями.

Воспользовавшись тѣми помѣтками по опредѣленію плагіоклазовъ въ салитъ-діабазѣ, какія у меня имѣются, нахожу въ выдѣленіяхъ № 311 b плагіоклаза № 41 (альбитовый законъ) и № 49 (альбитовый законъ), въ выдѣленіяхъ № 302 плагіоклазъ № 55 (карльсбадскій законъ), въ основной массѣ уралитизированнаго салитъ-діабаза № 251 b плагіоклазъ № 47 (альбитовый законъ), а въ выдѣленіяхъ плагіоклазъ № 52 (карльсбадскій законъ), въ салитъ-діабазѣ № 177 плагіоклазъ № 45 (сложный законъ), въ особомъ салитъ-діабазѣ съ преобладающею роговою обманкою № 176 b въ выдѣленіяхъ плагіоклазъ № 66 (сложный законъ) и № 55 (карльсбадскій законъ), въ свѣтломъ салитъ діабазѣ № 175 плагіоклазъ № 40 (сложный законъ), въ салитъ-діабазовой брекчії № 807 a плагіоклазъ № 66 (Маннебахскій законъ). Въ среднемъ получаемъ плагіоклазъ между № № 51 и 52. Такъ какъ въ большинствѣ случаевъ опредѣленія относились къ выдѣленіямъ (а въ случаѣ слоистости къ ядрамъ), то очевидно общій средній № плагіоклаза долженъ быть нѣсколько ниже, что и выходитъ изъ предшествующаго подсчета.

Такимъ образомъ хоть по полевошпатовому составу мы получаемъ нѣкоторое представленіе о среднемъ составѣ Кедабекской магмы.

Хотя подобнаго подсчета для Богословскихъ породъ сдѣлано не было, но простое сравненіе геологическихъ картъ не оставляетъ сомнѣнія въ томъ, что магма этого округа должна быть кислѣе. Это слѣдуетъ изъ значительно большаго распространенія въ этомъ округѣ именно кислыхъ разностей. Тамъ авгитогранатовыя породы стоятъ особнякомъ, а кедабекитовъ то есть наиболѣе основныхъ разностей породъ Кедабека, въ Богословскѣ почти не было встрѣчено. Это второе указаніе, клонящееся въ пользу того же вывода.

Переходя къ описанію породъ жильныхъ, прежде всего нужно замѣтить, что этому описанію подлежатъ собственно только породы мощной и болѣе древней салитъ-діабазовой толщи, такъ какъ жилы діабазита не представляютъ чего-либо, заслуживающаго особаго вниманія и совершенно одинаковы съ соотвѣтствующими породами всего міра.

Но изученію салитъ-діабазовой толщи поставляются особыя трудности какъ вслѣдствіе чрезвычайной ихъ тонкозернистости, такъ и вслѣдствіе необыкновенно рѣзкихъ переходовъ въ составѣ на самомъ ничтожномъ протяженіи. Если не считать аплитовыхъ жилъ, то едва ли не наиболѣе крупнозернистымъ представителемъ этой группы является особый кедабекитъ, изображенный на фиг. 4 табл. I. Таковое развитіе кристаллическихъ индивидовъ является скорѣе исключеніемъ.

Замѣчательно, что для этой толщи наблюдается нѣкоторое соотношеніе между минералогическимъ составомъ и степенью тонкозернистости. Напр. аплиты, даже въ тончайшихъ прожилкахъ, имѣютъ сравнительно крупное зерно, а тѣ разности жильнаго аплита, которыя еще можно было бы назвать весьма тонкозернистыми, составляютъ уже переходы къ другимъ жильнымъ породамъ этой толщи. Наиболѣе же тонкозернистыми являются болѣе кислыя разности салитъ-діабазовъ; въ нихъ для разсматриванія и распознаванія составныхъ элементовъ приходится употреблять необычныя, болѣе сильныя увеличенія; къ нимъ даже вовсе нельзя было бы примѣнить методовъ оптическаго анализа, если бы не присутствіе отдѣльныхъ, болѣе крупныхъ зеренъ плагіоклаза, что составляетъ обычное и наиболѣе распространенное явленіе. Эти болѣе крупныя зерна не представляютъ порфировыхъ выдѣленій въ точномъ смыслѣ этого слова, такъ какъ вообще зернистость этихъ породъ весьма неравномѣрна, и даже самыя крупныя зерна никогда не отличаются отчетливостью въ образованіи наружныхъ граней.

При переходѣ отъ этихъ членовъ этой группы въ обѣ стороны, то есть какъ къ болѣе кислымъ, такъ и къ болѣе основнымъ, величина зерна вообще увеличивается; но она увеличивается въ большей мѣрѣ въ сторону кислыхъ, чѣмъ въ сторону основныхъ породъ.

Собственно салитъ-діабазами мы отмѣчаемъ породы, существенно состоящія изъ салита или почти изометрической и безцвѣтной разности діопсида, выдѣлившейся въ этихъ породахъ не позже другой составной части — плагіоклаза.

Подробному оптическому анализу подвергался только послѣдній; и въ этомъ отношеніи

наблюдалось поразительное разнообразіе. Результаты опредѣленій отчасти приведены выше. Но если мы, какъ руководящій признакъ при опредѣленіи этихъ породъ примемъ только почти полную безцвѣтность пироксена, то сюда пришлось бы отнести и нѣкоторые весьма основные члены, примыкающіе къ кедабекитамъ, но еще не содержащіе въ своемъ составѣ граната. Эти члены характеризуются плагіоклазомъ; близкимъ къ анортиту¹⁾.

Сюда относятся напр. породы № 773, № 304 а и др. Въ нихъ опредѣленъ плагіоклазъ ок. № 80.

Изъ приведенныхъ выше чиселъ видно, что въ наиболѣе кислыхъ разностяхъ констатированъ № 40. Уже въ этихъ разностяхъ въ микротонкозернистой массѣ этой свѣтлой породы вѣроятно имѣется значительная примѣсь кварца. Въ еще болѣе кислыхъ разностяхъ кварцъ играетъ существенную роль и хорошо опредѣляется, а потому породу слѣдуетъ отнести уже къ другимъ типамъ.

Кромѣ этихъ двухъ минераловъ, являющихся преобладающими и очень часто начисто составляющими породы этого ряда, встрѣчаются примѣси зеленой роговой обманки, иногда отчетливо вторичной, иногда повидимому первичной, также магнетита, сфена, изрѣдка пирита, наконецъ и другихъ минераловъ въ зависимости отъ направленія перехода породы въ другія разности.

На многочисленныхъ препаратахъ можно было наблюдать и переходы между жильными и глубинными породами. Въ частности, приходилось наблюдать переходы между настоящими габбро и салитъ-діабазами, но, конечно, не въ предѣлахъ одного препарата. Также наблюдались и переходы къ настоящимъ діабазамъ.

Переходы первого рода проявляются въ томъ, что посреди среднезернистаго габбро въ шлифѣ неправильно выдѣляются тонкозернистыя части, которыя по свойствамъ можно было бы отмѣтить салитъ-діабазами, хотя и здѣсь зерно гораздо крупнѣе, чѣмъ въ настоящихъ салитъ-діабазахъ.

Переходы второго рода выражаются въ автоморфности не только плагіоклаза, но и пироксена²⁾. Впрочемъ, въ препаратахъ этого рода типъ обыкновеннаго діабазы офитовой текстуры настолько первенствуетъ въ своемъ выраженіи, что таковыя разности скорѣе можно было бы причинить къ настоящимъ діабазамъ. Въ предѣлахъ же собственно салитъ-діабазовой жильной толщи разностей, близкихъ къ настоящимъ діабазамъ, вовсе не встрѣчалось. Повидимому толща этихъ породъ болѣе рѣзко обособлена отъ настоящихъ діабазовъ, чѣмъ напр. отъ габбро.

Не было произведено химическихъ анализовъ, на основаніи которыхъ можно было бы положительно отвѣтить, отчего зависитъ такое обособленіе. Но все-таки имѣются нѣкоторыя указанія на то, чѣмъ это могло быть обусловлено.

1) Нетолько крайніе члены этого ряда, но даже такіе, какъ № 80, опредѣляются очень быстро, въ случаѣ альбитоваго двойника, по признаку, отмѣченному мною въ «Теодолитномъ методѣ» то есть по очень малому углу между оптическими осями А, въ обоихъ ин-

дивидахъ.

2) Согласно опытамъ, произведеннымъ *И. А. Морозовичемъ*, это можетъ зависѣть отъ относительнаго количества выдѣлившагося пироксена.

Во-первыхъ въ салитъ-діабазахъ пироксенъ чаще всего является хотъ слабо окрашеннымъ въ зеленоватый цвѣтъ; граница между салитъ-діабазами и віолаитъ-діабазами совершенно произвольна и находится вполнѣ въ предѣлахъ субъективности. Мы отмѣчали породу віолаитъ-діабазомъ въ томъ случаѣ, если окраска на столько густа, что плеохроизмъ бросается въ глаза. Напротивъ того, въ настоящихъ діабазахъ никогда не было замѣчено и слѣда зеленой окраски. Какъ мы знаемъ, это различіе обусловливается присутствіемъ эгириновой составной части и значить сводятся къ нѣкоторому избытку окиси желѣза и натра. Этотъ избытокъ, слѣдовательно, имѣется въ салитъ-діабазахъ, но никогда не въ обыкновенныхъ діабазахъ.

Во вторыхъ салитъ-діабазы столь тѣсно переплетаются съ кедабекитами, что ихъ едва можно раздѣлять другъ отъ друга. Не будетъ сдѣлано большой ошибки, если кедабекиты соединить съ салитъ-діабазами въ одну болѣе широкую родственную группу. Но кедабекиты уже значительно обогащены, сравнительно съ ними, именно окисломъ Fe^{2O^3} ; что же касается $\text{Na}^{2\text{O}}$, то едва ли эта химическая составная часть можетъ считаться характеристичною. Анализъ ¹⁾ показалъ совершенно ничтожное содержаніе этой щелочи, и если имѣется нѣкоторый ея избытокъ, что составляетъ наиболѣе частый случай, то вмѣстѣ съ Fe^{2O^3} она входитъ въ составъ віолаита, а это, въ свою очередь, проявляется въ окраскѣ пироксена. Какъ ни характеристично присутствіе віолаита въ кедабекитѣ, но оно вовсе не необходимо, и нерѣдко встрѣчались кедабекиты со столь слабо окрашеннымъ пироксеномъ, что его пришлось относить къ настоящему салиту.

Такимъ образомъ особенно характернымъ для салитъ-діабазовой толщи является нѣкоторый избытокъ Fe^{2O^3} , а вѣроятно также и Mg O (на счетъ Fe O нормальныхъ діабазовъ); напротивъ того, въ нормальныхъ діабазахъ въ общемъ должно быть выше содержаніе $\text{Na}^{2\text{O}}$; впрочемъ, эти указанія, очевидно, еще слишкомъ недостаточны.

Въ настоящихъ кедабекитахъ, какъ показалъ анализъ, Al^{2O^3} входитъ не только въ составъ плагіоклазовъ, но отчасти переходитъ и въ гранаты ²⁾; этотъ избытокъ даетъ себя знать тѣмъ, что при метаморфизаціи кедабекита иногда образуется гидраргиллитъ, чего никогда не замѣчалось въ салитъ-діабазахъ; такимъ образомъ въ содержаніи этого окисла, хотя отчасти, проявляется различіе между салитъ-діабазомъ и кедабекитомъ.

Минералогическому и химическому составу жильныхъ кедабекитовъ мною была посвящена специальная статья. Минералогическій составъ тотъ же, что и глубинныхъ кедабекитовъ, по текстура породы существенно иная. Въ жильныхъ кедабекитахъ, какъ упомянуто

1) Позволю себѣ воспроизвести результаты валоваго анализа двухъ образцовъ изъ своей статьи «Кедабекитъ и віолаитъ»:

	$\text{Si}^2 \text{O}^4$	$\text{Al}^2 \text{O}^3$	$\text{Fe}^2 \text{O}^3$	$\text{Fe}^2 \text{O}^2$	$\text{Mn}^2 \text{O}^2$	$\text{Ca}^2 \text{O}^2$	$\text{Mg}^2 \text{O}^2$	$\text{Na}^2 \text{O}$	$\text{K}^2 \text{O}$	пот. при прокал.	Сумма
1.	44,64	18,54	6,63	4,65	0,09	22,17	2,52	0,80	0,05	0,18	100,27
2.	44,11	19,38	5,17	5,44	—	21,98	2,90	0,50	0,13	0,26	99,87
молекул. числа	42,7	22,1	4,1	4,0	—	22,7	4,2	1,0	—	—	—

2) Согласно той же статьѣ среднее молекулярное содержаніе выражается въ числахъ $\text{Si}^2 \text{O}^4$ 39,1; $\text{Al}^2 \text{O}^3$ 10,7; $\text{Fe}^2 \text{O}^3$ 12,5; $\text{Fe}^2 \text{O}^2$ 3,4; $\text{Mn}^2 \text{O}^2$ 0,4; $\text{Mg}^2 \text{O}^2$ 2,4; $\text{Ca}^2 \text{O}^2$ 30,8; $\text{Na}^2 \text{O}$ 0,5.

выше, замѣчается особое стремленіе къ обогащенію віолаитомъ (или салитомъ); минералы всѣ вообще чаще всего проявляются въ весьма тонкозернистомъ видѣ и замѣчается тенденція къ раздѣленію ихъ на группы (а не къ однородному смѣшенію); гранатъ всегда бурый, и нерѣдко принимаетъ необыкновенно густую окраску; замѣчательно, что это чаще всего совпадаетъ съ необыкновенно густою зеленою окраскою віолаита, который, очевидно въ такомъ случаѣ приближается къ эгиринъ-авгиту.

Кромѣ комбинаціи гранатъ-віолаитъ-анортитъ въ жильные кедабекиты входитъ въ составъ магнетитъ, а признаки халькопирита весьма незначительны, но попадаются чаще, чѣмъ въ глубинныхъ кедабекитахъ.

Еще тѣснѣе, чѣмъ кедабекиты, съ салитъ-діабазами связаны віолаитъ-діабазы; объ этомъ уже сказано выше. Віолаитъ, какъ было описано, проявляетъ рѣзкій плеохроизмъ, напоминающій плеохроизмъ густозеленыхъ роговыхъ обманокъ, но отличается присутствіемъ оранжевыхъ оттѣнковъ. Онъ неоднократно подвергался подробному оптическому изслѣдованію, которое дало весьма согласные результаты по отношенію къ углу между оптическими осями, а именно отъ $+64$ до $+67$, но довольно противорѣчивые по отношенію къ углу погасанія, а именно отъ 44° до $56\frac{10}{2}$; отсюда видно, что въ рядѣ віолаита рѣдко измѣняется именно второй уголъ, а не первый.

Многочисленные оптическіе анализы віолаитъ-діабазовъ согласно показывали, что плагіоклазъ здѣсь весьма близокъ къ чистому анортиту. Значитъ вообще віолаитъ-діабазы представляютъ какъ бы крайніе основные члены группы салитъ-діабазовъ. Тогда понятно, что самое незначительное содержаніе Na_2O уже не можетъ попадать въ плагіоклазъ, а преимущественно находитъ свое помѣщеніе въ пироксенѣ; съ этимъ связана напряженность окраски, и въ то же время нѣкоторымъ образомъ ея случайность, не необходимость.

Такимъ образомъ, несмотря на рѣзкое различіе во внѣшнемъ видѣ, едва ли съ теоретической стороны имѣется поводъ рѣзко разъединять віолаитъ-діабазы отъ салитъ-діабазовъ вродѣ упомянутыхъ выше № 773, 304 а и др.

Кромѣ только-что упомянутыхъ болѣе основныхъ членовъ ряда салитъ-діабазовъ къ нимъ примыкаютъ съ другой стороны болѣе кислые члены ряды.

Первый перерывъ и переходъ въ иной типъ нужно считать съ момента появленія въ составѣ породы первичныхъ кварцевыхъ зеренъ. Къ сожалѣнію, въ микротонкозернистыхъ агрегатахъ салитъ-діабазовъ очень трудно или даже почти невозможно строго отмѣтить этотъ моментъ. Во всякомъ случаѣ кварцъ содержащія породы уже нужно относить не къ салитъ діабазамъ, а къ салитовымъ гранитамъ (плагіоклазовымъ).

Въ видѣ рѣдкости встрѣчались и жильныя породы, состоящія изъ роговой обманки и плагіоклаза ряда андезина (отъ № 35 до № 40) и не содержащія кварца. Эту породу, согласно принятому, можно было бы отмѣтить какъ діоритъ, если бы не громадное преимущество имѣло названіе жильный роговообманновый андезинитъ.

Съ другой стороны мы имѣемъ разности, состоящія изъ плагіоклаза, отчасти ортоклаза и темной слюды. Однако чаще всего къ составу присоединяется еще и кварцъ и получается

настоящий биотитовый микрогранитъ. Определеніе плагиоклаза въ породахъ этого рода дали: въ № 518, b плагиоклазъ № 37 (карльсбадскій законъ), а въ № 258 плагиоклазъ № 43 (альбитовый законъ). Хотя уже въ этой породѣ зерно вообще гораздо крупнѣе, чѣмъ въ салитъ-діабазахъ, но все-таки большею частью оно еще чрезвычайно мелко. Нерѣдко породы этого рода сохраняютъ вполне массивный характеръ то есть обладаютъ настоящею гранитовою текстурой напр. порода, изображенная на фиг. 8 табл. I, но едва ли не чаще ей свойственно гнейсовидное сложеніе, о вѣроятныхъ причинахъ котораго будетъ сказано ниже.

Наконецъ, крайнею кислую и въ тоже время наиболѣе крупнозернистою разностью жильной толщи являются уже описанные аплиты. Въ нихъ однако тонкой слоистости уже никогда не замѣчается. Но страннымъ образомъ эти жильные аплиты особенно часто сопровождаютъ и тѣсно связываются съ кедабекитами и віолаитъ-діабазами. Такое отношеніе показано напр. на фиг. 10 табл. II.

Близко къ аплитамъ стоятъ и такія разности какъ напр. изображенная на фиг. 11 табл. II и представляющая странный промежуточный членъ между аплитами и віолаитъ-діабазами, также и изображенный на фиг. 12 табл. II. салитовый аплитъ, очевидно промежуточный членъ между аплитами и салитъ-діабазами.

Вообще разнообразіе промежуточныхъ членовъ столь велико, что едва ли есть возможность перечислить ихъ исчерпывающимъ образомъ, но легко даже à priori предусмотрѣть это разнообразіе.

Наиболѣе разительнымъ примѣромъ того, въ какой мѣрѣ описываемыя здѣсь жильныя породы чередуются и такъ сказать переплетаются между собою, доставила единственная выполненная до сего времени алмазная буровая скважина въ юговосточномъ концѣ руднаго поля, хотя эта вертикальная скважина пересѣкла очень круто-падающую жильную толщу подъ очень малымъ угломъ, и потому на ея 65-метровомъ протяженіи можно было бы ожидать почти полного однообразія, но на дѣлѣ получился длинный рядъ смѣнявшихся и повторявшихся жильныхъ разностей изъ только-что перечисленныхъ.

Особенно поучительнымъ оказался одинъ изъ шлифовъ, относящихся къ этой скважинѣ. Здѣсь на протяженіи полутора сантиметровъ мы замѣчаемъ уже рядъ рѣзко перемѣнявшихся жильныхъ породъ.

Если начнемъ съ кислыхъ разностей, то замѣтимъ такую послѣдовательность: сначала биотитовый гранитъ, зерно котораго въ предѣлахъ шлифа быстро уменьшается и довольно отчетливо выражается граница между этою породою и чрезвычайно тонкозернистымъ салитъ-діабазомъ. Въ сущности нѣтъ совершенно рѣзкой границы, но лишь быстрая смѣна изъ одного минеральнаго состава въ другой. Въмѣстѣ съ уменьшеніемъ зерна уменьшается и содержаніе биотита, но нѣкоторое количество этого минерала остается до самой пограничной черты. При переходѣ къ салитъ-діабазу замѣчается болѣе рѣзкое дальнѣйшее уменьшеніе зерна, и въ то же время появляются мельчайшія зерна салита и полное прекращеніе пластинокъ слюды. Дальше видно увеличеніе въ содержаніи салита, увеличеніе основности породы (хотя точно доказать это при столь исключительной тонкозернистости и затруднительно),

а вмѣстѣ съ тѣмъ и постепенное усиленіе въ зеленой окраскѣ пироксена, которая къ концу того же шлифа доходитъ до той степени плеохроизма, какая свойственна настоящему віолиту.

Если таковыя измѣненія съ полною строгостью констатируются на протяженіи полутора сантиметровъ (а въ сущности меньше трети сантиметра, если мы размѣры отнесемъ къ поперечному разрѣзу), то какую громадную вариацию разностей мы должны представлять себѣ на протяженіи всей жильной толщи, обнимающей нѣсколько десятковъ метровъ?

Таковъ совершенно необычайный эффектъ силъ дифференціаціи магмы даже въ жильной толщѣ.

Передавать дальнѣйшія детали всего наблюденнаго и констатированнаго въ этой толщѣ здѣсь было бы нецѣлесообразно. Но стоитъ упомянуть объ одной особенноти въ строеніи этой толщи, едва ли не наиболѣе ярко характеризующей силу дифференціаціи.

Посреди незначительныхъ и на видѣ темныхъ (и почти плотныхъ) слоевъ салитъ-диабазовъ иногда замѣчаются вытянутыя полоски, рѣзко выступающія по свѣтлому цвѣту, но не образующія непрерывныхъ нитей на протяженіи всей толщи, а обыкновенно тянущихся на нѣсколько дециметровъ и выклинивающихся въ обѣ стороны; вытянутость этихъ полосокъ вполне гармонируетъ съ протяженіемъ слоевъ преобладающей породы.

Ближайшее наблюденіе констатируетъ, что отличіе этихъ полосокъ отъ окружающихъ частей сводится только къ сильному уменьшенію въ количествѣ окрашеннаго минерала то есть салита.

Я не могу иначе понять значеніе этихъ полосокъ, какъ только допустивъ, что на нѣкоторой глубинѣ въ магмѣ, вторгающейся въ трещины горныхъ породъ, съ самаго начала дифференцировались части по составу, а при движеніи жидкой магмы вдоль по трещинѣ уже въ полужидкомъ видѣ и при началѣ полного отвердѣванія части эти не смѣшиваются въ одну общую массу, а лишь протягиваются параллельно стѣнкамъ трещины, какъ бы прокатываются, вродѣ того какъ напр. прокатывается полутвердая сталь для рельсовъ¹⁾.

Какъ ни мало понятна такая отдѣленность другъ отъ друга слоевъ этой жильной толщи, но нельзя не считаться съ фактами, и не придти къ убѣжденію, въ весьма различной ихъ консистенціи, или иначе, въ большомъ различіи силъ сдѣвленія расщепленныхъ магмъ и слабости тѣхъ силъ, которыя вызываютъ диффузію и смѣшеніе.

Такова характеристика древнихъ жильныхъ толщъ Кедабека, играющихъ въ его строеніи очень значительную роль.

Теперь переходимъ къ описанію породъ эффузивныхъ, являющихся первенствующимъ членомъ въ составѣ массы Рудничной горы. Именно по этой причинѣ толща эта изучена съ особенною подробностью и тщательностью. Почти на каждомъ шагу дѣлались оптическія

1) Уже въ первой моей работѣ о кедабекитѣ было упомянуто о томъ, что эта жильная порода встрѣчается по сосѣдству съ глубинными гранатъ-содержащими породами, и выражено предположеніе объ участіи этихъ

глубинныхъ породъ при образованіи этой жильной породы. Теперь, какъ видимъ, мы много подвинулись въ детальномъ разьясненіи этой связи.

опредѣленія выдѣлившихся плагіоклазовъ, а ровно изучались оптическія свойства всѣхъ минераловъ, въ природѣ которыхъ непосредственное наблюденіе не давало твердаго заключенія.

Члены этой эффузивной группы породъ идутъ вполне рука объ руку какъ съ описанными уже членами глубинной, такъ и жильной толщъ.

То необычайно подробное изслѣдованіе массы этой горы, какое выпало на нашу долю, дало въ руки особенно цѣнный критерій для прослѣживанія соотвѣтственной магмы жильной и эффузивной толщъ.

Дѣло въ томъ, что какъ нельзя положить рѣзкаго разграниченія между глубинной фацией и жильной, такъ еще въ сильнѣйшей мѣрѣ нельзя строго разграничить породы жильной фации отъ породъ фации эффузивной. Конечно, въ крайнихъ разностяхъ различіе переходитъ всякіе предѣлы сходства, но у насъ всегда достаточно имѣлось и такихъ промежуточныхъ образцовъ, гдѣ положительнаго заключенія о принадлежности къ той или другой или нельзя было сдѣлать, или даже, когда порода должна быть несомнѣнно отнесена къ эффузивнымъ, все-таки можно было отчетливо наблюдать сохраненіе нѣкоторыхъ характерныхъ особенностей состава и строенія породъ жильныхъ.

Нельзя не отмѣтить и тѣхъ недоразумѣній, какія возникали у насъ при изученіи этой толщи, тѣхъ путей, какими мы думали ихъ устранить и разрѣшить, хотя быть можетъ это и не удалось сдѣлать намъ безъ всякаго остатка.

Первое и наиболѣе крупное представившееся намъ недоразумѣніе состояло въ томъ, что несмотря на полную параллельность въ составѣ породъ жильныхъ и эффузивныхъ, мы именно въ толщѣ этой горы вовсе не встрѣтили тѣхъ вулканическихъ жилъ, которыя должны были вынести на поверхность соотвѣтственный матеріалъ.

Во всѣхъ рудничныхъ выработкахъ, ровно какъ и при изслѣдованіи близлежащихъ овраговъ и общаго и детальнаго изученія поверхности горы, мы встрѣтили только жилы одного рода, а именно состава группы діабазы. Для многочисленныхъ и разнообразныхъ другихъ потоковъ, начиная отъ доцитовъ до анортитофировъ и эффузивныхъ кедабекитовъ, мы непосредственныхъ путей изверженія не открыли: рудные вторичные кварциты какъ будто пропустили сквозь себя только діабазовую магму.

Сначала это обстоятельство привело насъ въ такое замѣшательство, что невольно вызывалось представленіе о новой дифференціаціи магмъ въ уже вылившемся видѣ то есть въ видѣ потоковъ.

Однако болѣе тщательное изученіе генетическихъ отношеній этой горы, а также болѣе подробное изученіе рудной толщи вторичныхъ кварцитовъ, если не вполне, то въ значительной степени разсѣяло наше недоразумѣніе. Конечно, въ матеріалѣ нашихъ изслѣдованій имѣется нѣкоторая неполнота, вытекающая изъ самой сущности дѣла. Мы могли ознакомиться только съ верхнею частью горной толщи вплоть до содержащихъ рудныя части вторичныхъ кварцитовъ, такъ какъ въ еще низшія толщи горныя работы пока не проникали. Понятно, что эти толщи не остались скрытыми для непосредственнаго наблюденія. Было уже упомя-

нуто выше, что въ этомъ должна лежать причина и того, почему толща глубинныхъ породъ не могла быть прослѣжена подъ образованіями Рудничной горы.

Но какъ логическій ходъ разсужденія заставляетъ насъ принять существованіе этой толщи, такъ же логика требуетъ представлять себѣ эту толщу здѣсь, на сравнительно столь маленькой площади, приблизительно таковою, какою мы наблюдали и на площади десятковъ квадратныхъ верстъ. И не только такою же, но въ виду особаго скопленія эффузивныхъ продуктовъ, скорѣе допустить большее развитіе вулканическихъ жилъ, чѣмъ меньшее.

Это значитъ, что въ основаніи вулкана Рудничной горы нужно принять не только продолженіе массива глубинныхъ породъ съ разнообразными дифференцированными штокообразными резервуарами, но также и пересѣченіе этого массива соответственными жильными породами салитъ-діабазовой толщи, равно какъ и новѣйшихъ жилъ нормального діабазоваго состава.

Какъ было уже упомянуто, на дѣлѣ наблюдаются почти только жилы послѣдняго рода, и при томъ порода опредѣляется съ полною отчетливостію и правильно прослѣживается на значительномъ протяженіи, пересѣкая безразлично какъ всѣ эффузивныя породы, такъ и подлежащіе вторичные рудные кварциты. Но вѣдь отсюда неизбѣжно заключить, что та значительная метаморфизація, которая привела къ образованію кварцитовой толщи, захватила и всѣ остальные жильные породы, оставивъ нетронутыми только діабазовыя жилы. И такъ, мы должны допустить лишь метаморфизацію скрывшихся отъ насъ вулканическихъ жилъ прежняго періода, и постараться раскрыть ихъ хотя бы въ метаморфизованномъ видѣ. Отсутствіе же метаморфизованности діабазовыхъ жилъ показываетъ только, что жилы эти возникли послѣ окончанія кварцитовой метаморфизаціи.

И такъ, не имѣя возможности установить геологическаго возраста, мы можемъ утверждать существованіе двухъ періодовъ изверженій, если не считать еще болѣе древняго, липаритоваго, давшаго матеріалъ толщъ, преимущественно подвергшійся метаморфизацію. Періодъ же метаморфизаціи, конечно и періодъ образованія рудныхъ толщъ, находился въ промежуткѣ между обоими послѣдними періодами изверженій.

Какія же фактическія указанія можемъ мы привести въ пользу правильности такого разрѣшенія упомянутаго недоразумѣнія? — дѣйствительное констатированіе остатковъ жильной салитъ-діабазовой толщи посреди вторичныхъ кварцитовъ, остатковъ, въ которыхъ сохранились слѣды первоначальнаго состава и структуры.

Матеріалъ этотъ доставила толща вторичныхъ кварцитовъ, хотя и весьма однообразная по внѣшнему виду, и потому подвергшаяся менѣе тщательному изученію, но при ближайшемъ изученіи показавшая гораздо больше разнообразія, чѣмъ это ожидалось.

Разнообразіе это проявилось въ слѣдующихъ отношеніяхъ.

Вопервыхъ оказалось, что въ однихъ кварцитахъ въ качествѣ примѣси, иногда весьма существенной, является безцвѣтная слюда, или же слюда, слабо окрашенная въ буроватый цвѣтъ, въ другихъ такою примѣсью является цоизитовый минералъ.

Эти наиболѣе частые спутники вторичнаго кварцеваго агрегата встрѣчаются и сов-

мѣстно, но чаще замѣчается обратное отношеніе въ ихъ развитіи. Въ крайнихъ случаяхъ наблюдалось такое переполненіе слюдою, что скорѣе послѣдній минералъ являлся наиболѣе существеннымъ, а кварцъ составилъ важную примѣсь. Подобнаго преимущественнаго скопленія цоизитоваго минерала, однако, не наблюдалось. Кромѣ того, всегдашнимъ и неизмѣннымъ спутникомъ является пиритъ въ автоморфномъ видѣ. Нерѣдкимъ спутникомъ оказался и ортоклазъ.

Во вторыхъ, и это оказалось весьма существеннымъ, различіе въ кварцитахъ проявляется въ относительной величинѣ, формѣ и расположеніи кварцевыхъ зеренъ.

Рѣдко кварцитовый агрегатъ бываетъ вполне однороднымъ. Обыкновенно онъ распадается на части различнаго зерна, и часто въ немъ замѣчаются зерна кварца, выдающіяся по своей величинѣ, а равно и по формѣ, то въ видѣ округленныхъ кусочковъ, то, напротивъ остроугольныхъ, чистыхъ обломковъ, и притомъ нерѣдко расположенныхъ полосами.

Сначала намъ казались весьма загадочными по происхожденію эти крупные кварцевые осколки, въ общемъ весьма характерные для кварцитовъ, лежащихъ близъ самыхъ рудныхъ скопленій; что касается округленныхъ, то происхожденіе ихъ выяснилось очень легко, такъ какъ кое-гдѣ находились мало метаморфизованные липариты съ кварцевыми выдѣленіями какъ разъ такихъ же формъ. Особенно убѣдительнымъ въ этомъ отношеніи представляется то обстоятельство, что въ такихъ округленныхъ зернахъ нерѣдко имѣются и бухтообразныя углубленія, каковыя наблюдаются исключительно въ порфировыхъ выдѣленіяхъ эффузивныхъ породъ.

Но изученіе потоковъ кислыхъ лавъ вполне раскрыло предъ нами и происхожденіе крупныхъ кварцевыхъ осколковъ, расположенныхъ полосами. Въ этихъ потокахъ распаденіе первоначальныхъ кварцевыхъ выдѣленій на остроугольные обломки представляется столь обычнымъ и характернымъ, что мало по малу по формѣ и расположенію этихъ кусковъ мы смѣло могли реставрировать первоначальную породу потока, даже въ томъ случаѣ, когда не только не наблюдалось ни слѣда первоначальнаго стекла, но и вообще порода преобразовалась въ другихъ отношеніяхъ до полной неузнаваемости.

Другое дѣло разъяснить причину механическаго распаденія первоначальныхъ зеренъ кварца. Отчасти такое распаденіе претерпѣваютъ и зерна полевыхъ шпатовъ, но въ значительно слабѣйшей степени.

Весьма заманчиво обычное представленіе о густотѣ магмы, какъ именно той причины, которая дѣлаетъ возможнымъ раздробленіе въ ней твердыхъ зеренъ минераловъ. Но подробное ознакомленіе съ формами распаденія зеренъ въ кислыхъ потокахъ зародило во мнѣ сильное сомнѣніе въ правильности такого объясненія. Приходилось наблюдать раздробленіе столь крупныхъ кварцевыхъ зеренъ, что это совершенно не вяжется съ представленіемъ о раздробленіи въ полужидкой средѣ.

Также мало вѣроятнымъ представляется мнѣ и допущеніе столь сильной неоднородности въ охлажденіи, что она именно могла бы служить источникомъ для объясненія такого раздробленія. При этомъ допущеніи раздробленію подвергались бы преимущественно наиболѣе крупныя зерна, а также полевые шпаты, благодаря совершенству ихъ спайности, раздроб-

лялись бы гораздо легче, чѣмъ зерна кварца. Опытъ показываетъ какъ разъ обратное: крупные зерна рѣже подвергаются полному раздробленію чѣмъ мелкіе, а зерна кварца легче раздробляются, чѣмъ зерна полевыхъ шпатовъ. Къ тому же и физически представляется мало вѣроятною столь рѣзкая неоднородность въ охлажденіи.

Мы наблюдаемъ, что наибольшій изломъ порфировыхъ выдѣленій происходитъ въ мѣстахъ наиболѣе крупнаго изгиба стекловатаго потока. Конечно, это условіе должно имѣть мѣсто и при допущеніи гипотезы густого потока. Но съ другой стороны легко видѣть, что въ такихъ точкахъ наибольшая неоднородность и наиболѣе сильныя натяженія могутъ возникнуть и въ отвердѣвшемъ уже стеклѣ, такъ какъ это вещество остается нѣсколько подвижнымъ даже тогда, когда оно близко къ точкѣ полного отвердѣванія, и въ этомъ состояніи оно уже обладаетъ свойствами почти твердаго тѣла въ обыденномъ смыслѣ этого слова¹⁾.

Въ сущности результатъ, къ которому я прихожу на основаніи наблюденій, почти сходится съ обычнымъ представленіемъ, если внести ту поправку, что собственно разламываніе имѣетъ мѣсто не при любыхъ температурахъ, а только передъ и во время полного отвердѣванія, когда должны проявиться особенно сильныя натяженія въ твердомъ тѣлѣ, и тогда изломы становятся совершенно понятны.

Какъ бы то ни было, но сравненіе распавшихся кварцевыхъ зеренъ въ стекловатыхъ массахъ и во вторичныхъ кварцитахъ убѣдительно свидѣтельствуетъ объ ихъ чрезвычайномъ сходствѣ. Но это убѣжденіе еще усиливается, если съ одной стороны прослѣдить вторичныя измѣненія, претерпѣваемые стекловатыми массами, а съ другой тщательно отмѣчать переходы вторичныхъ кварцитовъ въ разности, подвергшіяся меньшей степени метаморфизаціи.

Въ большинствѣ случаевъ стекловатыя массы Рудничной горы постепенно обогащаются пылеобразными кварцевыми включеніями, а иногда и на чисто замѣщаются вторичнымъ кварцевымъ агрегатомъ, даже въ томъ случаѣ, когда выдѣленія и иныя болѣе крупныя зерна, заключавшіяся въ стеклахъ, еще почти не подверглись вторичному измѣненію.

Въ тѣхъ, не очень многихъ случаяхъ, когда отчетливо удавалось распознать первичныя составныя части породъ, образующихъ наши вторичные кварциты, можно было констатировать выдѣленія кислыхъ полевыхъ шпатовъ, даже альбита, какъ упомянуто выше.

Такимъ образомъ, та толща, которая составляетъ нынѣ рудные кварциты, въ значительной степени была представлена первоначально кислыми вулканическими потоками. Было уже упомянуто, что посредникомъ въ принесеніи соответствующаго матеріала могли быть жильные аплиты, существованіе которыхъ строго констатировано.

Но не всегда неизмѣненныя составныя части кварцитовъ указываютъ именно на эти потоки. Во многихъ случаяхъ наблюдались остатки салитъ-діабазовъ, столь характерные по

1) Я дѣлаю эту оговорку въ виду того, что по новейшимъ понятіямъ твердыми тѣлами называются только тѣла однородныя, то есть кристаллы, хотя бы съ точки зрѣнія сопротивленія движенію частицъ они и

не казались бы таковыми. Напротивъ того стекла напр. по Таманну должны быть отнесены къ тѣламъ жидкимъ.

своей текстурѣ; еще чаще пожалуй остатки діоритовыхъ гранитовъ каковой случай представленъ на фиг. 13 табл. II. Этотъ препаратъ особенно достопримѣчателенъ въ томъ отношеніи, что здѣсь граница въ натурѣ представляется очень рѣзкою, и на рудникахъ прежде принимали кварцитъ за нижнюю толщу, а темную породу за покрывающую, хотя и довольно круто падающую; между тѣмъ въ препаратѣ легко было констатировать позднѣйшее происхожденіе кварцита и выдвиганіе нѣкоторыхъ зеренъ кварца черезъ границу.

Во вторичныхъ кварцитахъ не удавалось до сихъ поръ констатировать остатковъ кедабекитовъ, столь характерныхъ для салитъ-діабазовой толщи. Но я не вижу даже ничего страннаго въ томъ, что при кислой метаморфизаціи наибольшему разрушенію подверглись именно наиболѣе основныя разности породъ жильной толщи. Скорѣе странно было бы встрѣтить въ толщѣ кварцитовъ остатки анортита или граната. Повидимому, и віолаитъ подвергался при этомъ болѣе легкому разрушенію, чѣмъ нормальный діопсидъ въ формѣ салита.

Такимъ образомъ, несмотря на отсутствіе непосредственныхъ наблюденій, сдѣланные выше логическіе выводы, касающіеся состава основанія и жилъ Рудничной горы имѣющими наблюденіями скорѣе подтверждаются, чѣмъ опровергаются.

Если принять во вниманіе массы вулканическаго матеріала, нѣкогда скопленнаго въ предѣлахъ этой горы и ея окрестностей, станетъ понятна и причина той грандіозной метаморфизаціи, которая имѣла мѣсто въ ея нѣдрахъ и проявленіе которой только-что было очерчено.

Хотя и высокій интересъ представляетъ прослѣживаніе хода этой метаморфизаціи въ деталяхъ, но изложеніе этого завело бы меня далеко за предѣлы поставленной мною теперь задачи; къ тому же эта геологическая исторія должна составить одну изъ важнѣйшихъ главъ ожидаемаго подробнаго описанія *А. Г. Эрн*, въ рукахъ котораго скопился исключительно богатый матеріалъ.

Теперь мнѣ предстоитъ охарактеризовать съ чисто петрографической точки зрѣнія толщу эффузивныхъ породъ Рудничной и сосѣднихъ горъ.

Какъ уже сказано, разнообразіе этихъ продуктовъ едва ли не переходитъ предѣлы всего, что когда-либо было наблюдено въ какой-нибудь мѣстности.

Начну съ самыхъ кислыхъ потоковъ.

Только-что было упомянуто, что толща наиболѣе кислыхъ лавъ (липаритовъ) должна была въ значительной мѣрѣ находиться на мѣстѣ теперешнихъ вторичныхъ кварцитовъ. Приходится думать, что первый періодъ изверженій создалъ липаритовый вулканъ, подвергшійся затѣмъ значительному размыву, такъ какъ, насколько позволяютъ судить рудничные разрѣзы, замѣстившіе эти породы вторичные кварциты, ограничены сверху очень пологою поверхностью.

Что эта толща липаритовъ весьма изобиловала содержаніемъ кали, можно судить по чрезвычайно обильно представленному въ кварцитахъ мусковиту (констатированный вторичный¹⁾ ортоклазъ повидимому не играетъ большой роли).

1) Вторичность усматривается изъ того, что онъ играетъ роль цемента для кварцевыхъ и иныхъ зеренъ, образуя нерѣдко довольно крупные индивиды, совершенно аналогично тому, какъ вторичный гидраргиллитъ представленъ въ метаморфизованныхъ кедабекитахъ.

Однако самыя кислыя лавы, если къ таковымъ относить лавы, пересеченныя кремнеземомъ и выдѣлившія первичныя кварцы, залегаютъ не только въ нижней части Рудничнаго вулкана, но кое-гдѣ встрѣтились и на самой поверхности, иногда даже довольно близко къ высшимъ ея точкамъ, напр. въ вершинѣ оврага, въ который выходитъ устье Федоровской штольни.

Конечно, нѣтъ ничего невозможнаго въ повтореніи послѣ даже можетъ быть весьма значительнаго промежутка времени, изверженій болѣе или менѣе того же состава. Но въ нашихъ наблюденіяхъ есть одно обстоятельство, которое бросаетъ на дѣло иной свѣтъ.

Матеріаломъ для заключеній послужили именно 1) многочисленныя опредѣленія плагіоклазовыхъ выдѣленій этихъ верхнихъ кислыхъ лавъ, и 2) констатированіе полного отсутствія ортоклаза въ этихъ лавахъ, въ противоположность обильной представленности имъ нижней кислой толщи.

Второе обстоятельство поучительно само по себѣ. Первое же еще болѣе поучительно, такъ какъ оно показало, что плагіоклазы этихъ кислыхъ породъ отличаются отчетливымъ слойстымъ сложеніемъ съ болѣе основнымъ ядромъ, и что ядро оказывалось довольно постояннымъ напр. въ породѣ № 654 *a* плагіоклазъ № 47 (сдѣлано два опредѣленія, приведшія къ одному и тому же №; въ первомъ, въ сложно образованномъ сросткѣ опредѣлены альбитовый, периклиновый и Карльсбадскій законы, во второмъ только Карльсбадскій) а также № 43 (альбитовый зак.), въ породѣ 614 *b* плагіоклазъ № 50 (альбитовый зак.), въ породѣ 346 № 50 (альбитовый зак.), въ породѣ Ф 13¹⁾ плагіоклазъ № 43 (Карльсбадскій зак.).

Такимъ образомъ даже на породы верхней эффузивной толщи можно смотрѣть какъ на породы, до нѣкоторой степени аномальныя, а отсюда, въ свою очередь, заключить о смѣшеніи магмъ разнаго состава; это же смѣшеніе влечетъ, вообще, за собою допущеніе предварительной дифференціаціи.

Здѣсь въ эффузивныхъ породахъ (дацитахъ) мы наблюдаемъ повтореніе того, что выше было констатировано относительно жильныхъ аплитовъ.

Но что особенно характерно для этой верхней толщи, это постоянная смѣна потоковъ чрезвычайно различнаго минералогическаго состава. Послѣ всего сказаннаго о жильныхъ породахъ Кедабека это не только не должно показаться удивительнымъ, а скорѣе стало бы непонятнымъ, если бы наблюденіе привело къ другому результату.

Самый краткій осмотръ скалъ напр. подлѣ устья Федоровской штольни и оврага, проходящаго около нея, способенъ поразить и даже подавить своимъ разнообразіемъ и запутанностью, самую парадоксальною смѣною породъ.

Въ соотвѣтствіи съ тѣмъ, что мы наблюдаемъ въ жильной толщѣ, мы и здѣсь, по крайней мѣрѣ во многихъ мѣстахъ, видимъ явное преобладаніе андезитовъ, параллельныхъ салитъ-діабазамъ.

1) Буквою Ф отмѣчена Федоровская штольня.

Впрочемъ, между андезитами рѣзко выдѣляются два различныхъ разряда, и оба представлены почти въ равномъ изобиліи.

Въ болѣе низкихъ горизонтахъ потоковъ преобладаютъ скопленія пироксена, рѣдко по формѣ вполне подходящаго къ салиту. Выше развиты андезиты, приближающіеся по своему строенію и составу къ діабазитамъ и олигоклазитамъ.

Въ очень значительномъ числѣ случаевъ пришлось наблюдать и самыя верхнія части потоковъ и даже лавовыя корки. Для этихъ частей характерно особенное скопленіе зеренъ плагіоклаза, а также вовлеченіе въ массу потока кусковъ раньше затвердѣвшихъ частей той же лавы и какъ бы неправильно расползающихся въ массѣ потока разныхъ постороннихъ кусковъ, чаще всего впрочемъ тоже лавоваго состава. Масса этихъ лавовыхъ частей бываетъ переполнена миндалинами, то есть вторично выполненными пустотами, образовавшимися отъ выдѣлявшихся пузырьковъ пара; въ нѣкоторыхъ случаяхъ переполненіе такими пустотами доводило лаву до состоянія настоящей пензы; при этомъ очертанія пузырьковъ неправильны и отчасти какъ бы указываютъ на сдавленность.

Въ противоположность этимъ верхнимъ частямъ потоковъ, нижнія части рѣдко заключаютъ какія-либо постороннія частички, хотя бы кусочки самихъ лавъ; миндалины встрѣчаются спорадически и всегда очень правильно образованы; вулканическое стекло представлено слабѣе или даже вовсе отсутствуетъ; полевые шпаты обыкновенно присутствуютъ въ незначительномъ количествѣ, а иногда и вовсе отсутствуютъ; зато, какъ упомянуто, замѣчается особенно обильное скопленіе болѣе тяжелыхъ минераловъ, смотря по составу потока; особенно преобладаетъ авгитъ, въ нѣкоторыхъ разностяхъ гранатъ, или оба минерала вмѣстѣ въ весьма тѣсномъ отношеніи; кромѣ нихъ почти всегдашнимъ спутникомъ являются зерна магнетита.

Что особенно бросается въ глаза, и прежде всего на зернахъ и скопленіяхъ авгита, это стремленіе принимать круглую форму; замѣчательно, что эту форму принимаютъ даже одиночныя болѣе крупныя кристаллы авгита; тѣмъ менѣе удивительна такая форма для скопленій. О характерѣ такихъ скопленій можно составить понятіе по фигурамъ 19, 21 и 22 табл. III. Въ частности фиг. 20 даетъ составъ одного изъ такихъ крупныхъ скопленій очень мелкихъ зеренъ при значительномъ увеличеніи; изображенное скопленіе почти въ точности соотвѣтствуетъ авгитогранатовой породѣ напр. Богословскаго округа.

Не распространяясь о различныхъ возможностяхъ образованія такихъ скопленій, мы можемъ съ несомнѣнностью утверждать только одно, а именно, что скопленія этихъ болѣе тяжелыхъ минераловъ должны быть результатомъ опусканія ихъ въ потокъ, пока онъ еще не успѣлъ отвердѣть, и, слѣдовательно округленіе должно имѣть причину въ условіяхъ этого опусканія то есть передвиженія въ жидкой магмѣ. По терминологіи, принятой въ петрографіи, образованія этого рода ближе всего стоятъ къ такъ называемымъ граносферитамъ, но не могутъ быть точно отнесены къ нимъ уже на томъ основаніи, что иногда они состоятъ изъ отдѣльныхъ, болѣе крупныхъ, кристалловъ и, какъ видно изъ таблицъ, имѣютъ вообще сравнительно большую величину. Съ варіолитами они представляютъ то общее, что на по-

верхностяхъ вывѣтриванія выступаютъ въ видѣ оспинъ; но по составу они тѣмъ менѣе могутъ быть отнесены къ варіолямъ въ обычномъ смыслѣ этого слова.

Чтобы какъ-нибудь ихъ отмѣтить, означу ихъ названіемъ *сферитовъ* то есть словомъ, оставшимся въ области шаровидныхъ образованій въ петрографіи вакантнымъ, и притомъ самымъ короткимъ; только мы должны помнить, что подъ именемъ сферитовъ должны подразумеваться не только скопленія, но иногда и одиночные или самое небольшое число кристалловъ, если только оно приняло форму, сколько нибудь приближающуюся къ шару или вообще ясно округленную. Въ параллель варіолитамъ породы этого рода пришлось бы означить *сферіолитами* (въ отличіе отъ сферолитовъ, которыя получили уже спеціальное значеніе).

По поводу этого новаго термина нужно однако сдѣлать оговорку.

Если бы мы ограничились только сказаннымъ опредѣленіемъ, то подъ понятіе сферіолитовъ подошли бы отчасти и верхнія, и среднія части потоковъ. Напр. изъ фиг. 16 табл. II можно усмотрѣть, что кромѣ остроугольных обломковъ кварца и полевыхъ шпатовъ въ самыхъ поверхностныхъ частяхъ потока мы найдемъ и округленные зерна тѣхъ же минераловъ, а спеціально для порфировыхъ зеренъ кварца эта самая обычная форма проявленія. Но такъ какъ для этихъ поверхностныхъ частей потоковъ мы не нуждаемся въ особомъ терминѣ, то я полагаю, что было бы цѣлесообразно примѣнять только для нижнихъ частей потоковъ, и тогда слово сферіолитъ замѣнило бы собою цѣлое выраженіе: порода нижней части потока со скопившимися минералами большого удѣльнаго вѣса и хотя отчасти принявшими въ скопленіяхъ, а иногда и въ отдѣльныхъ зернахъ, округленные очертанія.

Наибольшую роль видимо играютъ среднія части потоковъ, и изъ нихъ обильнѣе всего представлены андезиты, въ общемъ стоящіе весьма близко къ діабазовымъ порфиритамъ, но отличающіеся неполною кристалличностью, а особенно присутствіемъ большого количества миндалинъ, выполненныхъ хлоритомъ, кварцомъ, иногда цеолитомъ, вторичнымъ амфиболомъ и пр.

Нужно полагать, что при дальнѣйшихъ изверженіяхъ происходило сильное механическое разрушеніе этой толщи, и многочисленные ея обломки нерѣдко почти переполняютъ позднѣйшіе потоки, отчего вещество потоковъ принимаетъ видъ брекчій съ лавовымъ цементомъ. Въ этомъ отношеніи наиболѣе поучительны разрѣзы именно по тому оврагу, въ который выходитъ устье Федоровской штольни.

Наиболѣе яркою особенностью Рудничной горы являются потоки эффузивныхъ кедабекитовъ и соотвѣтственные туфы, этого, по моимъ свѣдѣніямъ, не только нигдѣ не наблюдалось, но даже трудно было предвидѣть что-либо подобное.

Въ самомъ дѣлѣ извѣстно, что искусственно расплавленные зерна желѣзистоизвесткового граната даютъ послѣ образованія массу, состоящую изъ анортита, пироксена, оливина, магнетита и другихъ минераловъ, но не гранатъ. Какимъ же образомъ природа повидимому при аналогичныхъ условіяхъ достигаетъ того, чего не удалось достичь искусственно человеку? естественно, что на такой вопросъ нельзя отвѣтить безъ спеціальныхъ изслѣдованій, на которыя можетъ быть потребовались бы годы труда.

Существованіе настоящихъ кедабекитовыхъ лавъ (ровно какъ и туфовъ) констатировано въ всякихъ сомнѣній какъ въ породахъ Федоровской штольни, такъ и вообще въ южной части Рудничной горы. Мы не только наблюдаемъ зерна граната въ нижней части потоковъ самаго основного состава, по рядомъ съ волнистыми струями стекловатаго вещества видимъ иногда столь значительное переполненіе составными частями кедабекита, что сама лава начинается по внѣшнему виду напоминать типичные кедабекиты.

Если бы даже оказалось, что при всѣхъ природныхъ условіяхъ гранатъ не можетъ выдѣлиться изъ магмоваго раствора въ потокѣ, то во всякомъ случаѣ онъ могъ быть принесенъ вулканическими жилами, иногда, какъ описано выше, содержащими его въ большомъ количествѣ, и очевидно требуется время, чтобы онъ снова растворился и исчезъ изъ минералогическаго состава. При сравнительной быстротѣ остыванія стекловатыхъ массъ этого могло и не случиться. Здѣсь обращу вниманіе на то, что ни въ продуктахъ изверженія вулкана Рудничной горы, да и нигдѣ въ окрестной мѣстности, несмотря на детальное изслѣдованіе и специально направленное вниманіе не было замѣчено ни одного зернышка оливина¹⁾.

Если же опытъ показываетъ, что гранатъ можетъ заключаться даже въ потокахъ стекловатыхъ лавъ, то станетъ понятнымъ, естественнымъ, даже логически необходимымъ, что минералъ этотъ имѣетъ особенное стремленіе опускаться въ ихъ нижнія части и скопляться въ сравнительно значительномъ количествѣ, а вмѣстѣ съ тѣмъ понятно и то особое разнообразіе, какое замѣчается именно въ потокахъ этого рода.

Въ кедабекитовыхъ потокахъ нижнія и верхнія части проявляютъ особенно большое различіе. Нижнія части, какъ упомянуто выше, представляютъ кедабекитовые сферіолиты. Къ верхнимъ частямъ относится своеобразная, и большею частью весьма легко и сразу распознаваемая лавовая порода, которую мы отмѣтили названіемъ анортитофира. Понятно, названіе это должно свидѣтельствовать о томъ, что довольно густо скопившіяся полевошпатовые ея выдѣленія представляютъ анортитъ. Точныя, но сокращенныя, оптическія опредѣленія (по весьма малому углу между соотвѣствующими оптическими осями двухъ индивидовъ альбитоваго двойника) нами произведено въ числѣ многихъ десятковъ разъ; можно сказать, что всѣ, отмѣченныя въ петрографическомъ журналѣ Кедабекскаго рудника выходы анортитофира, проверены по этому точному признаку.

Въ своемъ типичномъ видѣ порода отличается большимъ развитіемъ плотной основной массы чисто чернаго цвѣта (что, конечно, зависитъ отъ примѣси тончайшей магнетитовой пыли въ стекловатомъ веществѣ этой массы), изобиліемъ анортитовыхъ выдѣленій, а также присутствіемъ миндалинъ и отчасти содержаніемъ постороннихъ обломковъ, чаще всего отвердѣвшихъ кусочковъ той же лавы. Рѣдко въ ней сохраняются даже слѣды граната, но въ видѣ исключенія это наблюдалось; также сравнительно рѣдко, но не такъ, какъ гранатъ,

1) Оливиновые породы на основаніи коллекціи А. Г. Эрнэ констатируются въ другой, хотя и не очень отдаленной мѣстности Кавказа, а именно въ Джеванширскомъ уѣздѣ. Въ осмотрѣнныхъ образцахъ змѣе-

виковъ, происшедшихъ преимущественно изъ оливина, наблюдалось, какъ обыкновенно, вкрапленность хромита, но въ необыкновенно крупныхъ кусочкахъ.

наблюдаются и зерна авгита. Магнетитовая пыль совершенно отсутствует въ выдѣленіяхъ, большею частью являющихся въ безукоризненно прозрачномъ видѣ; однако и здѣсь, какъ и въ другихъ лавовыхъ породахъ, иногда встрѣчаются выдѣленія, окрашенные (въ шлифѣ) буроватымъ цвѣтомъ. Повидимому, это зависитъ отъ мельчайшихъ, почти не различимыхъ подъ микроскопомъ пылеобразныхъ частицъ стекла.

При столь огромномъ разнообразіи жильныхъ и эффузивныхъ породъ нужно было напередъ ожидать и большое разнообразіе вулканическихъ выбросовъ или туфовъ. Дѣйствительность вполне подтвердила этотъ логическій выводъ.

Туфовыя породы имѣютъ по площади Рудничной горы весьма большое развитіе, правильно и неправильно чередуясь съ весьма развитыми здѣсь потоками, и по своему составу вполне повторяютъ разности этихъ потоковъ.

Конечно, изученіе туфовыхъ породъ далеко не приводитъ къ той отчетливости различенія отдѣльныхъ разностей, какъ это имѣетъ мѣсто для горныхъ породъ, разсмотрѣнныхъ выше. Каждому петрографу хорошо извѣстна трудность распознаваться въ вулканическихъ туфахъ, въ особенной мѣрѣ подвергающихся вывѣтриванію и метаморфизаціи. Но все-таки и ихъ реставрація въ общихъ чертахъ находится въ предѣлахъ достижимаго.

Типическіе туфы, какъ извѣстно, представляютъ образованія, мало сортированныя, хотя всегда болѣе или менѣе отчетливо слоистыя. Но на многихъ разностяхъ мы находимъ слѣды ясной сортировки, а вмѣстѣ съ тѣмъ и переходы къ настоящимъ осадочнымъ породамъ, а иногда и совершенно невозможно провести ясную границу между тѣми и другими породами.

Несомнѣнное присутствіе осадочныхъ породъ въ ближайшихъ¹⁾ окрестностяхъ Рудничной горы, а именно съ южной стороны, установлено даже нахожденіемъ слѣдовъ морскихъ раковинъ; однако до сихъ поръ въ этихъ ближайшихъ окрестностяхъ найдено всего два отпечатка пластинчатожаберныхъ, по которымъ не можетъ быть и рѣчи о строгомъ родовомъ опредѣленіи; въ общихъ чертахъ можно сказать, что одинъ напоминаетъ родъ *Astarte*, а другой *Posidonomya*. Отнюдь я не имѣю въ виду дѣлать какое-либо утвержденіе, а хочу лишь въ общихъ чертахъ передать впечатлѣніе, производимое на меня этими остатками.

И вотъ тѣ самые сланцы, въ коихъ найдены эти отпечатки находятся въ ясной связи съ толщею туфовъ, или скорѣе, туфовыхъ сланцевъ и песчаниковъ. Чаше всего эти слои очень тонки и представляютъ рѣзкую смѣну по минералогическому составу. Особенное развитіе съ южной стороны Рудничной горы имѣютъ эпидозитовые сланцы съ одной стороны и тонкіе глинистыя сланцы съ другой.

Съ какимъ удивленіемъ мы даже посреди этихъ глубоко метаморфизованныхъ эпидозитовъ нашли въ первый разъ остатки того же желѣзистоизвестковаго бураго граната, что

1) Сравнительно недалеко напр. по желѣзной дорогѣ, ведущей въ Калакентъ, открываются значительныя разрѣзы известняковъ и другихъ осадочныхъ породъ. Къ сожалѣнію, я не имѣлъ времени заняться ихъ изученіемъ.

такъ настойчиво проходилъ чрезъ всѣ подраздѣленія изверженныхъ породъ Кедабека. И въ то же время еще прежде, чѣмъ мы его нашли, мы его ожидали, можно сказать разыскивали: до такой степени нѣкоторые слои этой толщи стоятъ близко къ метаморфизованнымъ авгитогранатовымъ породамъ Богословскаго округа. Это открытіе было сдѣлано еще въ то время (1900), когда мы и не подозрѣвали о существованіи потоковъ эффузивнаго кедабекита, и несмотря на ожиданіе, открытіе это не мало насъ смутило, такъ какъ въ это время, подѣ впечатлѣніемъ результатовъ Богословскихъ изслѣдованій мы не могли рѣшиться допустить существованіе эффузивныхъ породъ, существенно содержащихъ гранаты. Послѣ предыдущаго изложенія это открытіе теряетъ однако всю свою парадоксальность и только заполняетъ пробѣлъ, который иначе оставался бы въ нашихъ изслѣдованіяхъ. Если бы его не было сдѣлано, самъ собою представился бы вопросъ: неужели при изверженіи кедабекитовыхъ породъ происходило только спокойное изліяніе потоковъ и вовсе не было вулканическихъ взрывовъ и распыленія. Но само собою разумѣется, что въ столь поверхностныхъ толщахъ, каковы кедабекитовыя тuffy, гранаты не могъ долго сохраняться въ неизмѣненномъ видѣ и долженъ былъ замѣститься вторичными минералами или распасться въ землистую массу. И здѣсь, какъ въ другихъ мѣстностяхъ земнаго шара, особенно часто проявляется именно эпидотизація этого минерала.

Какъ въ Богословскомъ округѣ гранатовыя толщи по направленію къ поверхности разрѣшаются болѣе или менѣе мощнымъ слоемъ эпидозитовъ, такъ и въ Кедабекѣ эпидотъ служитъ особенно постояннымъ замѣстителемъ и спутникомъ граната. Экскурсія, произведенная совместно съ моимъ другомъ *А. Г. Эрномъ*, по розсыпямъ Рудничной горы, научили насъ распознавать всякаго рода кедабекитовыя выходы даже издалика; эти выходы почти неизмѣнно бываютъ покрыты эпидотовою коркою. Мало того, намъ пришлось подмѣтить соотношеніе между особеннымъ развитіемъ этихъ корокъ и странами свѣта. Какъ это кажется ни странно съ перваго раза, но особенное развитіе эти корки получаютъ на поверхностяхъ, обращенныхъ къ югозападу то есть въ сторону наисильнѣйшей инсоляціи при наивысшей средней температурѣ воздуха.

Нѣсколько иначе дѣло стоитъ съ глубинными кедабекитами, гдѣ очень часто наблюдаются также бѣлые корки и налеты; эти послѣдніе настолько характерны для этихъ породъ, что, разбивая на площади развитія глубинныхъ породъ камень съ такою коркою, мы почти съ увѣренностью можемъ ожидать увидѣть въ свѣжемъ изломѣ гранатовую породу то есть собственно глубинный кедабекитъ. Однако и здѣсь эпидотозація граната довольно обычное явленіе.

Что касается состава бѣлой корки, то въ области глубинныхъ породъ она всегда столь тонка, что пока не удалось непосредственно рѣшить этотъ вопросъ. Напротивъ того, въ районѣ эффузивныхъ кедабекитовъ наблюдается столь глубокая метаморфизація, что вопросъ о составѣ образующагося изъ анортита вторичнаго безцвѣтнаго минерала можно было разрѣшить съ совершенною отчетливостію.

Первымъ подвергается въ нихъ метаморфизаціи именно анортитъ. Конечно, въ боль-

шинствѣ случаевъ и здѣсь вторичный минераль образуетъ столь плотный, точнѣе криптокристаллическій агрегатъ, что непосредственное приложеніе оптическаго метода изслѣдованія невозможно. Но иногда онъ выкристаллизовывается съ большою отчетливостью, и нерѣдко образуетъ и весьма крупныя кристаллическіе индивиды; и вотъ тогда-то по совокупности оптическихъ свойствъ (одноосности, отрицательному знаку, плоскостямъ совершенной спайности, величинамъ преломленія и двупреломленія) несомнѣнно опредѣляется какъ дипиръ. Замѣчательно, что при такомъ хорошемъ развитіи кристалловъ дипира, гранатъ и пироксенъ первоначальнаго кедабекита остаются почти незатронутыми метаморфизаціей. Чаще всего при этомъ пироксена почти не содержится въ породѣ и получается гранатодипириновая порода. Но случается, что почти не остается и граната, если не считать небольшой примѣси эпидота и особенно слоистаго амфибала, вѣроятно замѣстителей граната и віолаита, и тогда мы имѣемъ передъ собою почти чисто дипириновую породу, въ общемъ содержащуюся въ Рудничной горѣ въ довольно большихъ массахъ.

Однако отнюдь не слѣдуетъ думать, что дипиръ свойственъ единственно только кедабекитовой толщѣ. Напротивъ того, мы понемногу, ознакомившись съ формами проявленія этого минерала въ породахъ, все чаще и чаще находили его какъ въ анортитофирахъ (впрочемъ, какъ упомянуто выше, мы и на эту породу стали смотрѣть какъ на отщепленную разность кедабекитовъ), такъ и въ толщѣ наиболѣе основныхъ андезитовъ.

Раньше мнѣ лично не приходилось констатировать присутствія въ изслѣдованныхъ мною породахъ этого минерала; но теперь я получилъ увѣренность въ его значительно большемъ распространеніи, чѣмъ предполагалъ раньше, и въ томъ, что мнѣ собственно приходилось его видѣть, но не удалось опредѣлить.

Здѣсь будетъ уместно упомянуть объ этомъ родѣ метаморфизаціи — дипиризаціи — который намъ удалось столь хорошо изучить на горныхъ породахъ Кедабека, и о причинахъ, затрудняющихъ его опредѣленіе и приводящихъ къ нераспознаванію его въ другихъ мѣстностяхъ.

Во многихъ случаяхъ, особенно въ основныхъ породахъ, наблюдаются бѣлыя точки и зернышки, столь мелкія и неотчетливообразованныя, что о полномъ ихъ оптическомъ изученіи не можетъ быть и рѣчи. Но когда эти точки возрастаютъ въ числѣ и величинѣ и охватываютъ значительную часть массы породы, то представляется вообще агрегатъ въ высшей степени неправильнаго сложенія. Съ перваго взгляда онъ даже нѣсколько напоминаетъ агрегатъ кислыхъ полевыхъ шпатовъ, но отличается отсутствіемъ рѣзко ограниченныхъ контуровъ; напротивъ того, индивиды этого агрегата, большею частью вытянутыя, какъ и у полевыхъ шпатовъ, какъ бы неправильно расползаются, сцѣпляются и сливаются съ сосѣдними индивидами въ весьма прихотливый узоръ. Сходство съ полевыми шпатами обуславливается тѣмъ, что именно дипиръ изъ всей группы скаполитовъ обладаетъ наименьшимъ двупреломленіемъ, хотя и значительно превышающимъ двупреломленіе полевыхъ шпатовъ и даже кварца; но, благодаря тонкости и спутанности индивидовъ, этого констатировать обыкновенно не удается. Въ породахъ Кедабека можно было съ полною отчетливостью констати-

ровать дипировую природу этого аггрета; но, познакомившись съ картиною проявленія дипировыхъ агрегатовъ, я ясно сознаю, что картина эта мною наблюдается не впервые; я наблюдалъ ее напр. въ породахъ Сѣвернаго Урала, но тогда не могъ справиться съ ея распознаваніемъ; возможно даже, что я ее наблюдалъ и въ Богословскихъ породахъ, хотя, конечно, въ исключительныхъ случаяхъ.

Воспользуюсь случаемъ, чтобы отмѣтить, что вообще при петрографическихъ опредѣленіяхъ нужно какъ можно меньше полагаться на свою опытность, и вездѣ, гдѣ можно, производить самыя точныя оптическія или иныя опредѣленія и повѣрки. Такъ гидраргиллитъ, облекающій составныя части кедабекита въ породѣ, изображенной на фиг. 5 табл. I я сначала принялъ за кварцъ, пока не сдѣлалъ точнаго оптическаго опредѣленія, въ данномъ случаѣ весьма легко и просто исполнимаго при посредствѣ универсальнаго столика. Конечно, случается, что даже точное оптическое изученіе не приводитъ къ опредѣленному результату. Напр. нами былъ нѣсколько разъ констатировано, что то, что по сходству въ главнѣйшихъ признакахъ можно было принять за кварцъ, есть минералъ двусный отрицательный съ не очень большимъ угломъ между оптическими осями, но какой именно, такъ и осталось намъ неизвѣстнымъ; но важно уже то, что мы обереглись отъ прямой и можетъ быть очень грубой ошибки. Было уже упомянуто, что намъ нѣсколько разъ не удавалось послѣ оптическаго изслѣдованія придти къ окончательному опредѣленію. Но понятно, что неизмѣримо лучше остаться въ неизвѣстности, чѣмъ быть введенному въ грубую ошибку. Упомяну, что мнѣ случалось съ перваго взгляда принимать за кварцъ даже то, что послѣ опредѣленія точно констатировалось какъ мусковитъ. Иногда какъ будто и жаль потеряннаго времени, такъ какъ въ большинствѣ случаевъ пріобрѣтенная опытность подсказываетъ вѣрное опредѣленіе; но, когда вспомнишь о случаяхъ, когда педантичное примѣненіе методовъ оберегло отъ ошибокъ, то получишь убѣжденіе въ необходимости этой педантичности и удовлетвореніе отъ ея примѣненія.

Какую роль для пониманія химизма играетъ напр. смѣшеніе гидраргиллита съ кварцемъ въ кедабекитѣ, а еще въ большей мѣрѣ смѣшеніе дипира съ кислымъ полевымъ шпатомъ!

Въ кедабекитахъ Рудничной горы весьма трудно было бы понять присутствіе вторичнаго кварца. Конечно, минералъ этотъ вообще могъ бы быть занесенъ извнѣ путемъ просачиванія растворовъ; но именно этого менѣ всего можно было бы ожидать въ верхней толщѣ этой горы, столь преимущественно составленной изъ самыхъ основныхъ породъ. Достаточно упомянуть, что именно здѣсь кварцевыхъ жилъ почти вовсе не было замѣчено, и встрѣченный однажды при нашихъ экскурсіяхъ въ этомъ районѣ кусочекъ жильнаго кварца по своей рѣдкости только оттѣнилъ это обстоятельство.

Въ туфовой, а пожалуй отчасти и въ эффузивной, толщѣ кедабекитовъ насъ поразило особенное скопленіе граната и пироксена. Было упомянуто, что эпидозитовые сланцы съ остатками или безъ остатковъ граната совершенно неотличимы отъ разнообразныхъ эпидозитовъ Богословскаго округа. Тутъ мы встрѣчаемъ и известковохлоритовые, и известково-актинолитовые или просто актинолитовые эпидозиты почти въ той самой агрегативной формѣ,

какъ и тамъ, гдѣ они произошли изъ авгитогранатовыхъ породъ, не содержащихъ и слѣдовъ полевыхъ шпатовъ. Въ упомянутыхъ сланцахъ мы иногда не встрѣчаемъ ни слѣда полевыхъ шпатовъ или замѣщающаго ихъ дипира.

Если этотъ фактъ получаетъ сколько-нибудь удовлетворительное объясненіе для эффузивныхъ кедабекитовъ, благодаря осажденію по удѣльному вѣсу, то нахожденіе безполево-шпатовыхъ породъ въ туфовой толщѣ и до сихъ поръ остается для меня неяснымъ.

Въ эффузивной толщѣ кедабекитовъ мы въ видѣ анортитофировъ и дипировой породы нашли компенсацію тѣмъ слоямъ, которые преобладающимъ образомъ составлены изъ авгита и граната. Въ метаморфизованной же насквозь туфовой толщѣ установить такую компенсацію не легко.

Но фактъ почти всегдашняго сопровожденія и чередованія чистыхъ эпидозитовъ съ тонкими сланцами, богатыми полевыми шпатами, наводитъ на вопросъ, не происходила ли своеобразная дифференціація даже въ процессѣ вулканическаго выброса? уже и здѣсь не отдѣлялись ли частицы изъ авгита съ гранатомъ, магнетитъ и т. п. изъ болѣе легкихъ частей выбрасываемой и распыленной магмы и отлагались отдѣльно другъ отъ друга?

Пока ограничусь только постановкою этого вопроса. Въ общемъ же существенное различіе геологической роли авгитогранатовыхъ породъ Богословскаго округа и кедабекитовъ Кедабека проявилось весьма рѣзко.

Тамъ лакколиты и интрузивныя жилы, а вмѣстѣ съ тѣмъ и высшая степень дифференціаціи, и полное отсутствіе слѣдовъ этого разряда породъ въ болѣе поверхностныхъ частяхъ горныхъ толщъ. Здѣсь образованіе вулкановъ, въ коихъ породы кедабекитоваго состава играютъ существенную роль. Отсюда несовершенство дифференціаціи, несмотря на чрезвычайную ея силу, и возникновеніе промежуточной группы породъ, по своему составу связующихъ крайне дифференцированныя авгитогранатовыя породы съ остальными, хорошо извѣстными, изверженными горными породами. Во всей Кедабекской коллекціи нашлось только нѣсколько препаратовъ, которые могли бы быть сопоставлены съ Богословскими авгитогранатовыми породами; эта крайняя степень дифференціаціи здѣсь представляетъ рѣдкое исключеніе; тамъ же эта группа рѣзкимъ скачкомъ отдѣлена отъ всѣхъ остальныхъ.

Эта разница дала себя знать въ меньшей степени и въ практическомъ отношеніи.

Открытіе въ Богословскомъ округѣ выхода авгитогранатовыхъ породъ почти равносильно съ открытіемъ мѣсторожденія мѣдныхъ или желѣзныхъ рудъ, хотя бы и незначительнаго.

Въ Кедабекѣ скорѣе наоборотъ, открытіе выходовъ кедабекитовъ никакого непосредственнаго практическаго значенія не имѣетъ, и если, какъ упомянуто, иногда и находятся въ нихъ слѣды халькопирита, то столь ничтожныя, что не заслуживаютъ никакого вниманія; то же и по отношенію къ магнетиту.

И вотъ, возвращаясь опять къ эффузивнымъ и туфовымъ толщамъ кедабекитовой магмы, мы можемъ теперь положительно утверждать, что не только породы этой толщи вообще, но даже и тѣ крайнія разности, что почти неотличимы отъ Богословскихъ авгитогранатовыхъ

породъ, не могутъ служить какимъ-либо признакомъ близкаго нахожденія рудныхъ скопленій, ни мѣдныхъ, ни желѣзныхъ, ни какихъ либо иныхъ.

Однако все-таки Кедабекъ есть пунктъ, прославившійся своимъ мѣднымъ мѣсторожденіемъ, и можно полагать, что есть же какая-нибудь связь между присутствіемъ этого мѣсторожденія и тѣми породами, которыя отмѣчены теперь названіемъ кедабекитовъ. Согласно свѣдѣніямъ и необыкновенной опытности *А. Г. Эрн*а нужно непремѣнно признать эту связь, такъ какъ при своихъ многочисленныхъ поѣздкахъ по болѣе отдаленнымъ окрестностямъ Кедабека и въ другія части Кавказа, имѣя болѣею частью своею прямою задачею ознакомленіе съ находимыми признаками мѣдныхъ рудъ, нигдѣ, кромѣ Кедабека, ему не приходилось натѣкаться на слѣды кедабекитовъ, и на значительномъ протяженіи вокругъ Кедабека признаки мѣдныхъ рудъ оказались не заслуживающими вниманія.

Можетъ быть маленькое исключеніе придется сдѣлать для окрестностей Джагира, находящагося въ двухъ десяткахъ верстахъ къ *NO* отъ Кедабека. Хотя и здѣсь признаки мѣдныхъ рудъ не представляются серьезными, но посреди породъ близлежащаго глубокаго ущелья, хотя бы въ видѣ окатанныхъ валуновъ нашлись эпидозиты, которые еще можно принять за метаморфизованныя разности породъ этого рода.

Развитіе породъ кедабекитоваго состава и близкое присутствіе грандіозныхъ скопленій мѣдныхъ рудъ есть ли совпаденіе случайное или же оба явленія имѣютъ между собою причинную связь? Вѣдь то обстоятельство, что рудныя скопленія не находятся въ непосредственной связи съ толщею кедабекитовъ, не есть еще доказательство отсутствія причинной связи.

Согласно наблюденіямъ г. *Эрна*, толща вторичныхъ кварцитовъ имѣетъ большое распространеніе далеко за предѣлы ближайшихъ окрестностей Кедабека; но вездѣ въ другихъ мѣстахъ она не заключаетъ въ своихъ нѣдрахъ большихъ скопленій мѣдной руды, и нигдѣ нѣтъ также развитой толщи кедабекитовъ. Такимъ образомъ два фактора, кварцитизація и образованіе рудныхъ скопленій, не всегда неразрывно связаны другъ съ другомъ. Понятно, что образованіе вторичныхъ рудныхъ толщъ было возможно только тамъ, гдѣ былъ матеріалъ для ихъ образованія, былъ ли это матеріалъ въ видѣ тонкой вкрапленности, въ видѣ рудныхъ жилъ или гнѣздъ или въ какомъ-либо иномъ видѣ.

Изъ всего изложеннаго выше видно, что въ районѣ Кедабека слѣды такого матеріала мы находили лишь въ видѣ ничтожной вкрапленности, какъ въ глубинныхъ (въ видѣ исключенія), такъ еще чаще въ жильныхъ и эффузивныхъ породахъ, и нахожденіе ея именно въ толщахъ кедабекитовъ не составляло слишкомъ исключительнаго явленія.

Идя дальше въ своихъ разсужденіяхъ и выходя уже теперь изъ области строго констатированныхъ фактовъ, мы можемъ сказать, что нѣтъ ничего невѣроятнаго, что гораздо болѣе густая вкрапленность имѣлась и въ тѣхъ значительныхъ кедабекитовыхъ и иныхъ изверженныхъ толщахъ, которыя дальнѣйшимъ грандіознымъ размывомъ были унесены; однако, такому выносу подлежатъ главнымъ образомъ частички, не вовлеченныя въ растворы, циркулирующіе въ горныхъ толщахъ. Такія же вещества, какъ мѣдныя соединенія, очень легко попадаютъ въ растворъ, а придя въ соприкосновеніе съ газами, парами или растворами же,

содержащими въ себѣ сѣрнистый водородъ, весьма легко снова выпадаютъ изъ раствора. О присутствіи сѣрнистаго водорода, газа, вообще часто выдѣляющагося въ вулканическихъ областяхъ, мы можемъ заключить по громадной и постоянной вкрапленности пирита во вторичныхъ кварцитахъ. Но пиритъ тѣсно связанъ съ кварцитами, а слѣдовательно и съ самимъ процессомъ метаморфизаціи; онъ находится и въ кварцитахъ, развитыхъ далеко отъ Кедабекскаго района. Можно положить, что и тамъ образовались бы аналогичныя мѣдныя мѣсторожденія, если бы сверху были принесены соотвѣтствующіе растворы.

Но въ этихъ другихъ мѣстностяхъ мѣдныхъ рудъ почти не образовалось, и значить тамъ растворы именно не приносили соотвѣтствующаго матеріала.

А такъ какъ въ концѣ концовъ весь изверженный и вулканическій матеріалъ выносятся изъ бассейновъ глубинныхъ магмъ, то мы должны допустить, что именно въ ближайшемъ къ Кедабеку районѣ въ вынесенныхъ изъ глубинныхъ толщъ частяхъ магмы долженъ былъ заключаться и весь матеріалъ для образованія рудныхъ скопленій.

Теперь мы выяснили, что именно эта часть глубиннаго бассейна отличается тою особенностью въ своемъ составѣ, что изъ нея легко дифференцируются части кедабекитоваго состава. Разъ эта часть вообще существенно отличается въ своемъ составѣ отъ остальныхъ, даже близкихъ частей глубинныхъ магмъ и отличается именно тѣмъ, что изъ нея могли выдѣлиться въ громадныхъ количествахъ такіе тяжелые минералы какъ гранатъ, то возможно, что она отличалась и въ своемъ содержаніи рудныхъ частей, въ частности напр. халько пирита.

Принявъ во вниманіе несомнѣнную связь, существующую между образованіемъ магмы авгитогранатовыхъ породъ и большимъ содержаніемъ рудныхъ частицъ, мѣдныхъ и желѣзныхъ, мы на второмъ примѣрѣ Кедабека останавливаемся на вопросѣ, не существуетъ ли это соотношеніе и въ другихъ частяхъ земнаго шара какъ нѣчто постоянное, то есть что не только чистыя авгитогранатовыя породы, сравнительно съ другими, обогащены рудными частицами, но что это, хотя и въ меньшей мѣрѣ, относится и къ тѣмъ магмамъ, которыя способны выдѣлять изъ себя кедабекиты.

Понятно, что на этотъ вопросъ пока мы не можемъ дать прямого отвѣта, а лишь обращаемъ вниманіе на него другихъ ислѣдователей.

Теперешнее изслѣдованіе заставляетъ также и къ опредѣленію гранатъ-содержащихъ породъ относиться осторожнѣе. Разъ констатированы столь различные типы этихъ породъ, можно ожидать, что съ дальнѣйшимъ опытомъ число типовъ возрастетъ въ еще большей мѣрѣ.

Что касается самаго хода метаморфизаціи при образованіи рудныхъ кварцитовъ то есть собственно геологической исторіи рудныхъ мѣсторожденій, то, какъ я сказалъ, я воздержусь отъ этого изложенія, и не только потому, что это заходитъ за предѣлы поставленной здѣсь задачи, но и потому, чтобы предоставить первое слово неизмѣримо больше меня опытному въ этомъ дѣлѣ А. Г. Эрну.

Помимо только-что описанныхъ особенностей кедабекитовой туфовой фаціи, мнѣ не представляется заслуживающимъ особаго интереса останавливаться на описаніи и другихъ членовъ туфовой толщи. Они не представляютъ выдающихся особенностей и вообще чего-

нибудь особенно интереснаго и характернаго, и въ большинствѣ случаевъ могутъ быть отождествлены какъ съ соотвѣтствующими породами Урала, такъ и съ туфами другихъ вулканическихъ областей.

Но я позволю себѣ обратить вниманіе своихъ коллегъ, спеціально посвятившихъ себя именно геологіи Урала, что мнѣ во многомъ пришлось измѣнить толкованіе наблюдавшихся мною раньше Уральскихъ породъ, послѣ того, какъ я обстоятельно ознакомился съ породами Кедабека.

Особенно слѣдуетъ отмѣтить, что многое изъ того, что я, и вѣроятно и мои уральскіе коллеги, относилъ къ вулканическимъ туфамъ, теперь въ моемъ представленіи должно быть относимо къ лавовымъ потокамъ и въ особенности къ лавовымъ коркамъ отдѣльныхъ изліяній. Многое изъ того, что я относилъ къ жильнымъ породамъ, теперь въ моемъ представленіи, основаннымъ на непосредственномъ наблюденіи потоковъ Кедабека, должно быть отнесено къ эффузивнымъ породамъ, и въ особенности къ среднимъ толщамъ лавовыхъ потоковъ.

Что въ этомъ отношеніи я не дѣлаю шага назадъ, гарантіей служить детальное изученіе и составленіе геологической карты столь малой площади, какова площадь Кедабекскаго рудничнаго отвода.

Я вижу, что болѣе значительная степень метаморфизаціи Уральскихъ горныхъ породъ сильно отклонила Уральскихъ изслѣдователей отъ истиннаго толкованія въ сторону подальше отъ эффузивныхъ породъ, и создала въ ихъ представленіи гораздо большее развитіе жильныхъ толщъ, чѣмъ это имѣется въ дѣйствительности.

Теперь я вижу, что то, что мы отмѣчаемъ на картѣ Уральского края подъ именемъ кварцевыхъ порфировъ, альбитофировъ и пр. на дѣлѣ представляло нѣкогда потоки трахитовъ, дацитовъ съ значительнымъ сохраненіемъ даже лавовыхъ корокъ.

Полное же отверженіе лавовыхъ толщъ на Уралѣ я считаю не больше какъ недоразумѣніемъ. Я догадывался объ этомъ еще при первомъ изслѣдованіи Сѣвернаго Урала, указывалъ на присутствіе напр. по Лозьвѣ жилокъ чистаго вулканическаго стекла, отмѣчалъ напр. по Няисъ-Маньѣ присутствіе настоящихъ базальтовыхъ столбовъ.

Но теперь я нахожу, что сдѣлалъ ошибку, остановившись въ своихъ сообщеніяхъ на полунамекахъ, такъ какъ всѣ элементы вулканической дѣятельности, хотя вообще и въ болѣе метаморфизованномъ видѣ, представлены на Уралѣ въ достаточномъ изобиліи.

Ограничусь нѣсколькими словами по отношенію къ главнымъ признакамъ такого различенія.

Главнымъ признакомъ эффузивности слѣдуетъ считать ясное направленіе потоковъ полевошпатовыхъ лейстовъ или такъ называемое флюидальное (флюктуационное) сложеніе, что такъ часто наблюдается на Уралѣ. Миндалины вообще, сопровождаютъ потоки и особенно скопляются въ ихъ поверхностныхъ частяхъ.

Присутствіе разнородныхъ зеренъ, болѣе или менѣе происшедшихъ изъ одной и той же магмы, отнюдь не достаточно для опредѣленія горной породы за туфовую. Важно замѣтить отношеніе этихъ зеренъ къ окружающей главной породѣ. Въ туфахъ вся порода сплошь состоитъ изъ зеренъ эффузивныхъ породъ, заключенныхъ какъ бы въ цементъ — въ вулкани-

ческой пыли, всегда болѣе или менѣе значительно измѣненной; особенно часто эти элементы первоначально состояли главнымъ образомъ изъ вулканическаго стекла (которое въ столь древнихъ породахъ, какъ Уральскія, конечно, почти никогда не сохраняется въ неизмѣненномъ видѣ).

Напротивъ того, если зерна не рѣзко разграничены, а какъ бы расплываются въ окружающей массѣ, если они состоятъ изъ эффузивныхъ породъ, иногда ясно сохранившихъ слѣды флюидальнаго сложенія, то это не туфъ, а лавовая корка.

Настоящее изслѣдованіе показало, какъ важно всегда имѣть въ виду процессъ дифференціаціи магмъ, и какъ глубоко ошибочно опредѣлять породу по валовому химическому составу отдѣльныхъ ея частей. Мы видѣли, какъ рѣзко различны, даже по минералогическому, а тѣмъ болѣе по химическому составу, части одного и того же потока; допустимо ли, съ теоретической точки зрѣнія, всякое измѣненіе одного и того же, можетъ быть въ началѣ и вполне однороднаго потока, послѣ того, какъ часть выдѣленныхъ въ немъ минераловъ поднялась вверхъ или опустилась книзу, принимать за различные петрографическіе виды? такія же движенія, всегда связанныя съ измѣненіемъ процентнаго содержанія состава, происходятъ, въ магмахъ повсюду, и въ глубинахъ и въ вылившихся потокахъ.

Я позволилъ себѣ сдѣлать, особенно по адресу Уральскихъ изслѣдователей, эти немногія указанія, желая подѣлиться съ ними столь исключительно детальнымъ опытомъ, каковой дало мнѣ изслѣдованіе Кедабека и тѣмъ принести посильную пользу и облегчить имъ ихъ трудное дѣло.

Но на первомъ планѣ я осмѣливаюсь рекомендовать по возможности полное устраненіе минералогическихъ опредѣленій на глазъ, основанныхъ исключительно на личной опытности. Я старался показать, какъ эта опытность часто обманывается; напротивъ того, слѣдуетъ по возможности во всей полнотѣ пользоваться выработанными наукою точными приѣмами опредѣленія. Наиболѣе простымъ и доступнымъ и наименѣе требующимъ времени является, конечно, универсальный методъ оптическаго изслѣдованія. Благодаря цѣлому ряду усовершенствованій и приспособленій послѣдняго времени, онъ упростился до такой степени, что даетъ возможность справляться съ громаднымъ матеріаломъ. Напр. точное оптическое опредѣленіе плагіоклаза вообще теперь можетъ быть выполнено не болѣе какъ въ полчаса, а пользованіе оптическими особенностями разныхъ частей ряда плагіоклазовъ, даютъ возможность сдѣлать приближенное опредѣленіе даже въ нѣсколько минутъ. И такое сокращеніе относится къ опредѣленію одной изъ самыхъ сложныхъ группъ минераловъ триклиннаго ряда. Для опредѣленія значительнаго большинства другихъ минераловъ дѣло еще проще и обыкновенно требуетъ минимальной затраты времени.

Хотя эти простые и точные приѣмы, лишенные всякой субъективности, и получили нѣкоторое распространеніе даже въ нашемъ отечествѣ, но только незнакомствомъ съ ними я могу объяснить то обстоятельство, что большинство отечественныхъ спеціалистовъ еще ими не пользуется.

Возрожденіе Кедабека.

Благодаря затянувшемуся набору я въ этой же статьѣ имѣю возможность сообщить о результатахъ новыхъ работъ въ Кедабекѣ, произведенныхъ по поимъ указаніямъ на основаніи развитого въ этой статьѣ представленія объ его геологическомъ строеніи. Старый Кедабекъ доживалъ послѣдніе дни, и незначительные остатки его мѣдныхъ рудъ къ осени 1903 года должны были уйти въ плавильныя печи и тѣмъ завершить горнозаводскую исторію этой мѣстности.

Работы, основанныя на детальной геологической съемкѣ, не только возродили Кедабекъ какъ мѣдно промышленный районъ, но и показали, что новый Кедабекъ несомнѣнно какъ по величинѣ рудоносной площади, такъ и по толщинѣ залеганія мѣдныхъ рудъ значительно превосходитъ прежній, а есть основанія даже надѣяться, что его мѣсторожденіе будетъ первенствующимъ въ Россіи.

Таковы блестящіе результаты этихъ, произведенныхъ *А. Г. Эрномъ* работъ, которыя явились *experimentum crucis* для изложенной въ этой статьѣ теоріи.

Согласно этой теоріи, рудоносные кварциты есть продуктъ метаморфизаціи эффузивныхъ (и, конечно, также туфовыхъ) породъ перваго періода изверженій состава трахитовъ, липаритовъ и вообще самыхъ кислыхъ магмъ, плохо изученныхъ именно благодаря почти сплошной кварцитизаціи всей толщи. Процессъ метаморфизаціи происходилъ послѣ втораго періода изверженій чрезвычайно легко дифференцирующихся магмъ, коимъ въ глубинныхъ толщахъ соотвѣтствуютъ всѣ представители отъ аплитовъ до кедабекитовъ, но до наступленія третьяго періода изверженій, пересѣкшихъ толщу горы жилами діабазоваго состава.

Поэтому тотъ «черный массивъ», который останавливалъ развѣдочныя работы на всѣхъ горизонтахъ и породы коего соотвѣтствуютъ второму (и отчасти третьему) періодамъ изверженія, долженъ представлять по отношенію къ рудоноснымъ кварцитамъ не нижнюю, а верхнюю, покрывающую, толщу; рудоносная же толща должна оставаться внизу.

Поэтому было рѣшено пробиться по Средней штольнѣ внутрь этого «массива», выбить здѣсь высокую камеру и начать внизъ алмазную буровую скважину. Величина сброса, по имѣвшимся даннымъ, не должна быть значительною, хотя данныя эти и не позволяли выразить величину въ точныхъ цифрахъ.

Вотъ результатъ буровыхъ работъ согласно профилю, составленной *А. Г. Эрномъ*:

Въ верхней толщѣ, состоящей изъ эффузивныхъ породъ андезитовой группы пройдено 5,5 саж.; въ томъ числѣ въ первой половинѣ 4-ой сажени пройденъ кедабекитовый потокъ около 1 арш. толщиною, а на 5-ой сажени пройденъ дацитовый потокъ около $\frac{3}{4}$ арш.

Затѣмъ рѣзкій переходъ въ толщу кварцитовъ, преимущественно характеризующихся крупными и неправильными включеніями синеватаго кварца. Изрѣдка рудная вкрапленность. Только-что упомянутый скачекъ въ кварциты былъ уже торжествомъ науки и практики, и вызвалъ поздравленія и полную увѣренность въ томъ, что вошли въ толщу, въ коей должны залегать руды.

Блестящее подтвержденіе надеждъ и ожиданій пришло на глубинѣ 7,7 саж., когда буръ вошелъ въ толщу тяжелаго шпата (всегда скопляющагося въ висячемъ боку рудныхъ штоковъ), проникнутаго мѣднымъ колчеданомъ и цинковою обманкою. Сплошной рудоносный слой пройденъ какъ остаткомъ этой, такъ и всею слѣдующею, 9-ою саженью; въ общемъ содержаніе руды ослабѣвало книзу, но среднее содержаніе мѣди превышаетъ 10 %. За аршиннымъ перерывомъ пустымъ кварцитомъ на 10-ой сажени еще разъ пройденъ слой въ $\frac{3}{4}$ аршина, съ густо вкрапленнымъ мѣднымъ колчеданомъ, а далѣе сталъ снова проходить пустой кварцитъ со все возрастающею вкрапленностью сѣрнаго колчедана. Только въ концѣ 12-ой сажени пересѣчена довольно толстая жила какой-то породы, совершенно превратившейся въ глинистую массу. На второй половинѣ 16-ой сажени вкрапленность сѣрнаго колчедана достигла почти сплошности, а затѣмъ вначалѣ 17-ой сажени снова появилась вкрапленность мѣднаго колчедана и прослой сѣрнаго колчедана со слюдою. Въ концѣ 17-ой и началѣ 18-ой сажени снова на толщину больше аршина появилась густая вкрапленность мѣднаго колчедана, а затѣмъ до первой половины 19-ой сажени гнѣзда и прожилки чистаго мѣднаго колчедана, смѣнившася смѣсью мѣднаго и сѣрнаго колчедановъ со все уменьшающимся содержаніемъ мѣднаго и даже, въ концѣ 19-ой сажени, его исчезновеніемъ. На глубинѣ 20 сажени толщу сѣрнаго колчедана еще разъ пересѣкла крутопадающая жила превратившейся въ глину породы и вмѣстѣ съ тѣмъ еще разъ на толщину 1 аршина появилась вкрапленность мѣднаго колчедана, а затѣмъ послѣ нѣсколькихъ чередованій кварцита съ вкрапленнымъ сѣрнымъ колчеданомъ и болѣе чистымъ сѣрнымъ колчеданомъ, скважина до 22 сажень проходила кварцитомъ съ тою же вкрапленностью и вошла въ столь трещиноватую породу, что продолжать ее уже было болѣе нельзя.

Величина сброса въ мѣстѣ, выбранномъ для скважины, опредѣлилась въ 35 сажень, а вмѣстѣ съ тѣмъ выяснился фактъ, что величина сброса возрастаетъ по направленію къ югу, что, впрочемъ, нами было опредѣлено и раньше.



Объясненіе Таблицъ.

Таблица I. Фиг. 1. Аномальный кварцевый діоритъ № 22 увелич. 77. Скрещен. ник.

Главное зерно плагіоклаза, въ коемъ самый наружный слой и самое внутреннее ядро представляютъ олигоклазъ № 28 съ тонкими полисинтетическими двойниками. Видѣнъ и каналъ, соединяющій эти слои и прорывающій промежуточный слой разѣденнаго битовнита № 75 съ рѣзко обозначеннымъ болѣе значительнымъ преломленіемъ. Еще видѣнъ слой андезина ок. № 40 свѣтлѣе олигоклаза и темнѣе битовнита. Въ темномъ слоѣ олигоклаза, особенно съ правой стороны видны остатки (отъ растворенія) зеленоватой роговой обманки. Непосредственно къ главному зерну плагіоклаза снизу и слѣва примыкаютъ зерна кварца. Слева и снизу нѣсколько вдвигается въ поле зрѣнія темная слюда. Остальное преимущественно плагіоклазъ.

Фиг. 2. Контактный антофиллитовый діоритъ № 225. Увелич. 95. Простой свѣтъ.

Антофиллитъ рѣзко бросается въ глаза по большому преломленію и амфиболовой спайности. Черныя зерна преимущественно магнетитъ; изрѣдка автоморфный пиритъ. Сверху и слѣва пластинки темной слюды. Остальное плагіоклазъ.

Фиг. 3. Глубинный кедабекитъ какъ дифференцировавшаяся часть глубинной магмы Кедабека. Увелич. 65. Скрещенные николи и диагональная слюдяная пластинка.

Больше всего бросается въ глаза преобладающій въ породѣ какъ бы тонкозернистый гранатъ; посреди него зеленоватый пироксенъ играетъ незначительную роль. Напротивъ того весьма основной плагіоклазъ — послѣдній продуктъ отвердѣванія въ крупныхъ и хорошо окристаллизованныхъ индивидахъ.

По внѣшнему виду порода представляется чисто гранатовою и индивиды граната иногда весьма крупны.

Фиг. 4. Лучшій и наиболѣе крупнозернистый образчикъ жильнаго кедабекита № 194 *b* — Увелич. 30. Простой свѣтъ.

Составныя части: буроватый гранатъ, представляющійся на фотографіи почти чернымъ, густо-зеленый віолантъ (кажущійся темноватымъ) и совершенно безцвѣтный плагіоклазъ, близкій къ анортиту, рѣзко выдѣляются другъ отъ друга.

Фиг. 5. Нѣсколько метаморфизованный жильный кедабекитъ № 667 *b*. Увелич. 77. Скрещен. ник.

Зерна граната черны (вслѣдствіе изотропности); віолантъ представляется темнымъ; весьма основной плагіоклазъ частью въ видѣ отчетливыхъ полисинтетическихъ двойниковъ. Зерна всѣхъ этихъ минераловъ погружены въ пронизывающую массу вполне однороднаго вторичнаго гидраргиллита, съ перваго взгляда весьма напоминающаго кварцъ; съ нимъ его и можно было бы смѣшать, если не воспользоваться детальнымъ оптическимъ изслѣдованіемъ при помощи универсальнаго столика.

Фиг. 6. Віолантъ-діабазъ № 174 *c* Увелич. 77. Простой свѣтъ. Составныя части: віолантъ и весьма основной плагіоклазъ непосредственно бросаются въ глаза. Очень небольшая примѣсь магнетита.

Фиг. 7. Весьма тонкозернистый гнейсовидный жильный віолантъ-діабазъ съ чрезвычайно густо окрашеннымъ віолантомъ (плеохронизмъ мало отличается отъ плеохронизма густо окрашенной зеленой роговой обманки) № 158. Увелич. 95. Простой свѣтъ.

Составныя части тѣ же, что въ предыдущемъ препаратѣ; но віолантъ, вслѣдствіе густоты окраски, выдѣляется рѣзче; замѣтно гнейсовое сложеніе въ этой жильной породѣ.

Фиг. 8. Біотитовый андезитъ δ 57,49.¹⁾ Увелич. 77. Скрещен. николи и діагональная слюдяная пластинка. Темный біотитъ рѣзко выдѣляется посреди преобладающаго тонкозернистаго андезина. Въ послѣднемъ часто наблюдаются двойниковыя полоски.

Въ препаратѣ кварца не замѣчается; но вообще эта порода чаще всего вовлекаетъ въ себя кварцъ, и нерѣдко отличается прекрасно-выраженнымъ тонко-гнейсовымъ сложеніемъ, хотя и образуетъ отчетливыя жилы, пересекающія толщу глубинныхъ породъ.

Таблица II. Фиг. 9. Весьма тонкозернистый віолантъ-діабазъ съ крупными плагіоклазовыми выдѣленіями № 328. Увелич. 77. Скрещен. николи.

Николи поставлены такъ, чтобы плагіоклазъ пришелся на погасаніе. Съ правой стороны виденъ почти микротонкозернистый агрегатъ изъ віоланта и основного плагіоклаза. По окаймленію плагіоклаза и въ трещинахъ послѣдняго отложился слабо-окрашенный віолантъ (салитъ)²⁾.

Фиг. 10. Соприкосновеніе весьма тонкозернистаго віолантъ-діабазы и пегматитоваго аплита № 183. Увелич. 30 Скрещен. николи.

Обѣ породы весьма рѣзко отличаются другъ отъ друга. Но замѣчательно, что тонкія аплитовыя жилки очень часто сопровождаютъ віолантъ-діабазъ или, еще чаще, кедабекитъ.

Фиг. 11. Кварцевый віолантъ-діабазъ (?) δ 67,0. Увелич. 65. Скрещен. николи.

Прежде всего бросается въ глаза громадный кристалъ сфена; этотъ минералъ столь обильно представленъ въ породѣ, что является почти существеннымъ. Черныя зерна представляютъ титаномagnetитъ. Віолантъ между зернами титаномagnetита и ниже характеризуется прекрасною пироксеновою спайностью. У границы поля зрѣнія снизу и слѣва къ віоланту, примыкаетъ другое крупное зерно сфена. Сверху у границы поля плагіоклазъ. Безцвѣтныя зерна преимущественно кварцъ.

Этотъ и слѣдующій препараты свидѣлствуютъ о существованіи породъ промежуточныхъ между салитъ-и віолантъ-діабазомъ съ одной стороны, и аплитомъ съ другой.

Фиг. 12. Салитовый аплитъ № 124 а. Увелич. 65 Скрещен. николи.

Снизу бросаются въ глаза прекрасныя кристаллы сфена. Большую часть верхней половины препарата занимаетъ кристалъ ортоклаза съ выросшими въ немъ зернами кварца, а отчасти автоморфнымъ салитомъ.

Фиг. 13. Переходъ тонкозернистаго жильнаго гранита во вторичный кварцитъ № 142. Увелич. 30. Скрещен. николи.

Отчасти граница эта представляется почти рѣзкою; съ одной стороны гранитовидная порода изъ плагіоклаза, отчасти ортоклаза, буроватой пластинчатой слюды и кварца; справа же только тонкозернистый агрегатъ кварца съ плотною безцвѣтною слюдою (серицитомъ).

Препаратъ этотъ показалъ, что во вторичныя кварциты въ Кедабекѣ превращаются не только дациты, трахиты и липариты, но и пересекающія ихъ жилы.

Въ натурѣ граница между обѣими породами представляется очень рѣзкою въ однихъ мѣстахъ и неопредѣленною въ другихъ.

Фиг. 14. Липаритъ. № 809. Увелич. 30. Простой свѣтъ. Посреди довольно темнаго вулканическаго стекла видны округленныя выдѣленія кварца (иногда встрѣчаются выдѣленія альбита и кислыхъ плагіоклазовъ); видны также тонкія кварцевыя жилы.

Фиг. 15. Кислое вулканическое стекло № 389 б. Увелич. 30. Скрещен. николи и діагональная слюдяная пластинка. Видны неправильно вторгающіеся другъ въ друга втеки свѣтлаго и темнаго стекла и кое гдѣ выдѣленія кварца и вывѣтрившіяся зерна ортоклаза (санидина).

1) Препараты, отмѣченные буквою δ съ номеромъ, происходятъ изъ единственной до послѣдняго времени алмазной буровой скважины; номера выражаютъ глубину въ метрахъ. Эта вертикальная скважина прошла черезъ очень круто падающую жилу, представленную породами салитъ-діабазовой группы въ видѣ тонко

чередующихся слоевъ, и лишь отчасти задѣла глубинныя породы, пересеченныя этою жилою.

2) Приходилось наблюдать и вторичныя скопленія кварца, окаймленныя подобнымъ же слоемъ салита или віоланта (напр. № 773), что указываетъ на легкость замѣщенія полевого шпата кварцемъ.

Фиг. 16. Потокъ липаритовой лавы. № 654 а. Увелич. 30. Скрещен. николи и діагональная слюдяная пластинка.

Посреди преобладающей массы стекла наблюдаются зерна кварца и полевыхъ шпатовъ; напр. слѣва потокъ стекла искривляется вокругъ крупнаго зерна ортоклаза. Препаратъ особенно поучителенъ, какъ демонстрирующій сильныя изломы, претерпѣваемые зернами при движеніи остывающаго потока.

Таблица III. Фиг. 17. Олигоклазитъ № 646. Увеличен. 30. Скрещен. николи съ діагональною слюдяною пластинкою.

Въ препаратѣ можно различить почти исключительно только лейсты олигоклаза. Этотъ олигоклазитъ совершенно тождественъ съ Уральскимъ (напр. Богословскимъ) и представляетъ только какъ бы основную массу андезита, лишенную выдѣленій.

Фиг. 18. Анортитофиръ № 1077. Увелич. 30 Скрещен. николи. Эта распространенная въ Кедабекскомъ вулканѣ порода представляетъ верхнюю часть кедабекитовыхъ лавовыхъ потоковъ со скопленіемъ выдѣленій анортита и почти всегда съ совершенно черною основною массою, богатою стекломъ и миндалинами.

Фиг. 19. Кедабекитовый сферіолитъ № 638 б. Увелич. 30. Скрещен. николи.

Въ противоположность предыдущей породѣ, эта представляетъ собою нижнюю часть кедабекитоваго потока. Она состоитъ изъ стекловидной основной массы (сильно разложившейся) и большого количества авгитовыхъ сферитовъ, отчасти и простыхъ авгитовыхъ выдѣленій; очень рѣдки выдѣленія анортита. Эти разнообразныя образованія непосредственно видны на фигурѣ. Снизу выдвигается часть очень большого сферита почти шарообразной формы съ небольшими придатками при небольшомъ увеличеніи.

Фиг. 20. Тотъ же препаратъ. Увеличен. 290. Простой свѣтъ.

Здѣсь, при большемъ увеличеніи представлена часть сферита, упомянутого выше. Вся масса состоитъ почти исключительно изъ авгита; однако есть зернышки буроватаго граната, бросающіяся въ глаза по болѣе темному цвѣту и сильному рельефу. Черныя зерна относятся къ магнетиту.

Фиг. 21. Салитъ-діабазовый сферіолитъ № 2015. Увеличен. 77. Простой свѣтъ.

Порода существенно отличается отъ предыдущей особеннымъ изобиліемъ почти совершенно безцвѣтнаго авгита какъ въ формѣ неправильныхъ зеренъ, такъ и въ видѣ шарообразныхъ скопленій (сферитовъ), полнымъ отсутствіемъ граната, а также незначительною примѣсью автоморфнаго пирита (при совершенной свѣжести породы).

Фиг. 22. Кедабекитовый сферіолитъ № 842. Увелич. 65. Скрещен. николи.

Въ противоположность предыдущей порода отличается особомъ изобиліемъ буроватаго граната почти исключительно въ формѣ сферитовъ. На фигурѣ гранатъ, конечно, чернаго цвѣта. Въ породѣ не мало и авгита, но послѣдній преимущественно замѣщенъ хлоритомъ. Чаше всего гранатъ (отчасти въ смѣси съ авгитомъ или хлоритомъ) образуетъ сфериты, а авгитъ весьма неправильно разсѣянъ въ породѣ.

Фиг. 23. Миндалины въ андезитовой лавовой коркѣ № 670. Увеличен. 77. Скрещен. николи съ діагональною пластинкою слюды.

Въ противоположность предыдущимъ здѣсь мы имѣемъ самую верхнюю часть лавоваго потока, а именно лавовую корку, что опредѣляется какъ скопленіемъ плагіоклаза, изобиліемъ миндалинъ, такъ и обильнымъ скопленіемъ раньше отвердѣвшихъ неправильныхъ частичекъ того же потока. Въ препаратѣ видна крупная миндалина, выполненная какою-то особою разновидностью хлорита бурого цвѣта (въ разрѣзѣ въ видѣ многоугольной сѣти, каждая петля которой состоитъ изъ лучистаго агрегата), и совершенно безцвѣтнаго гидраргиллита (изрѣдка встрѣчается сфенъ).



THE
FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION
UNITED STATES DEPARTMENT OF JUSTICE
WASHINGTON, D. C. 20535

TO : DIRECTOR, FBI (100-442100)

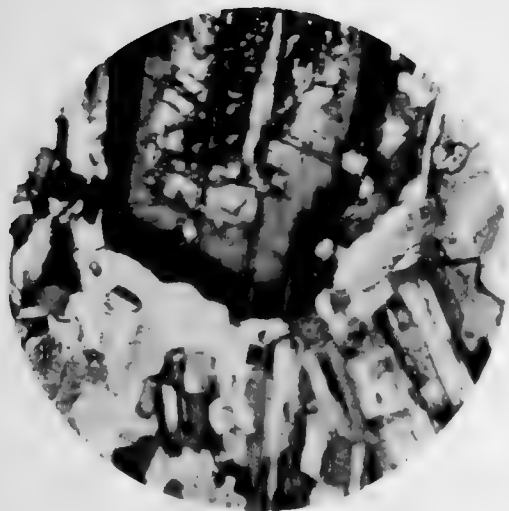
FROM : SAC, NEW YORK (100-100000)

SUBJECT: [Illegible]

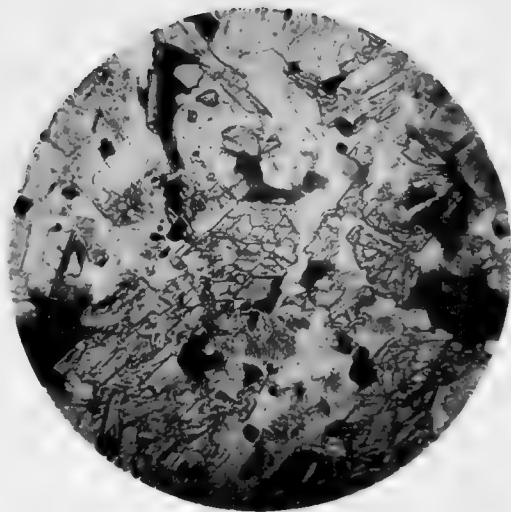
RE: [Illegible]

DATE: [Illegible]

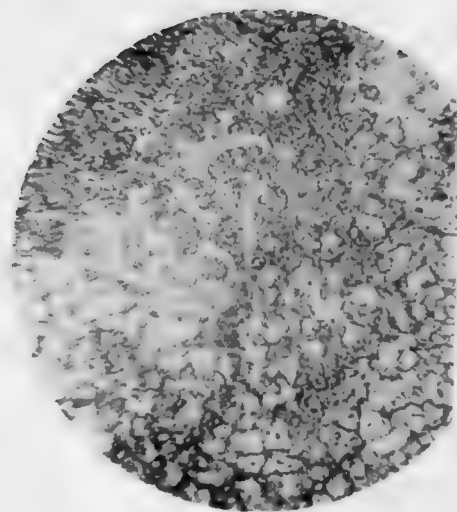
1. [Illegible]
2. [Illegible]
3. [Illegible]
4. [Illegible]
5. [Illegible]
6. [Illegible]
7. [Illegible]
8. [Illegible]
9. [Illegible]
10. [Illegible]



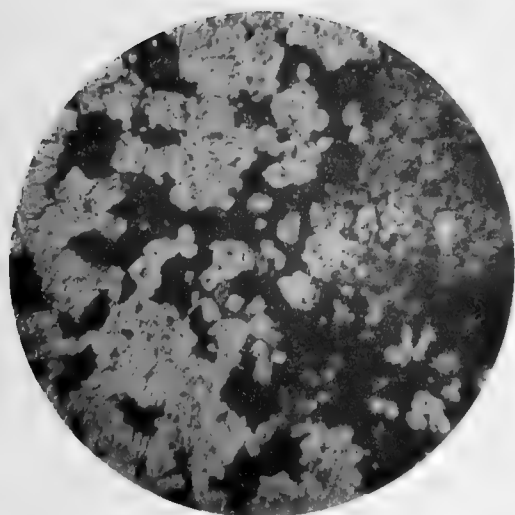
Фиг. 1.



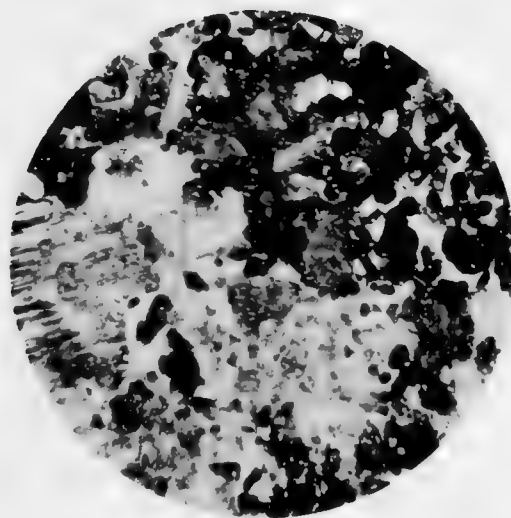
Фиг. 2.



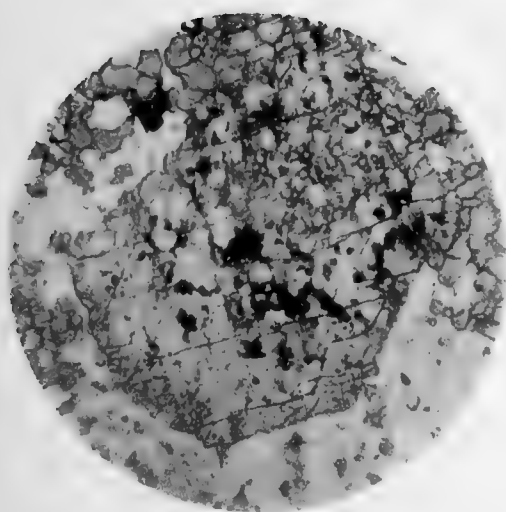
Фиг. 3.



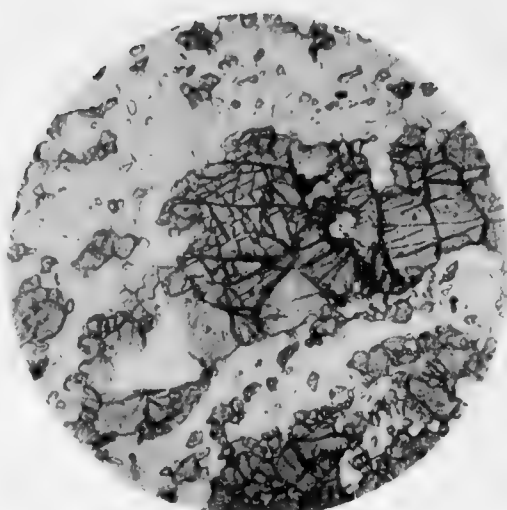
Фиг. 4.



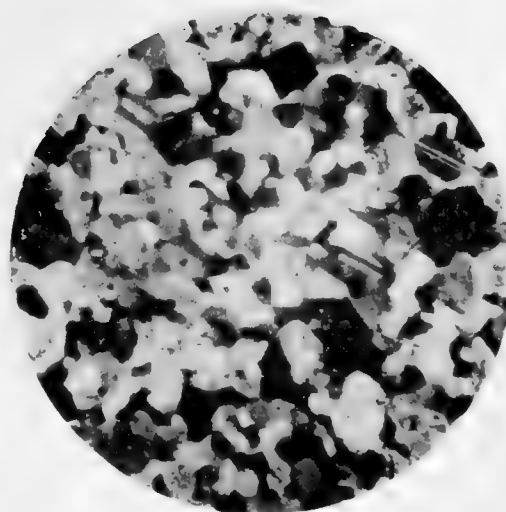
Фиг. 5.



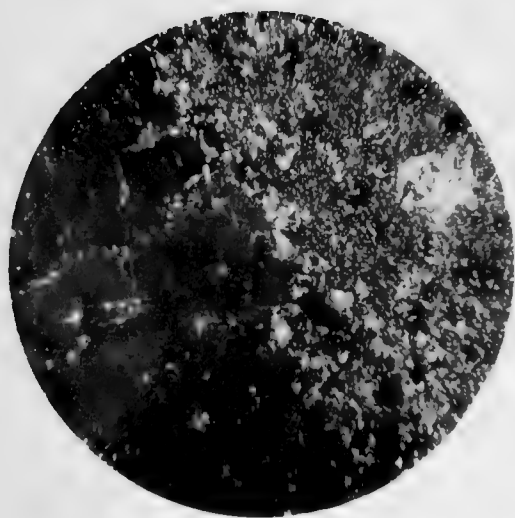
Фиг. 6.



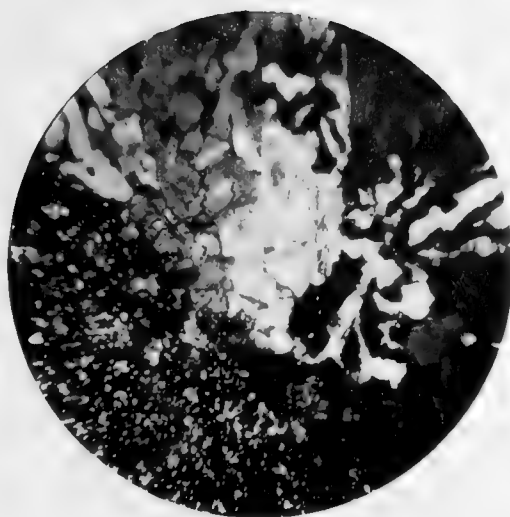
Фиг. 7.



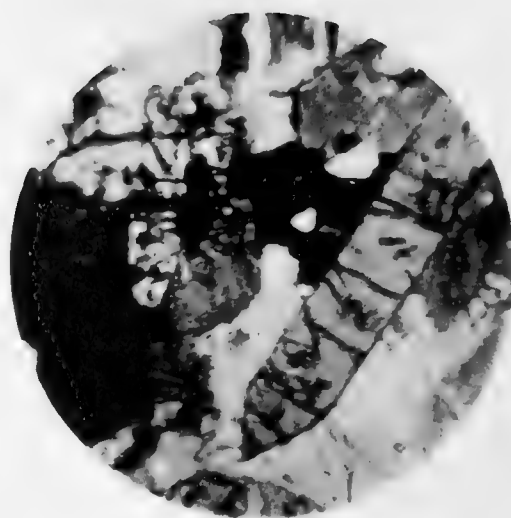
Фиг. 8.



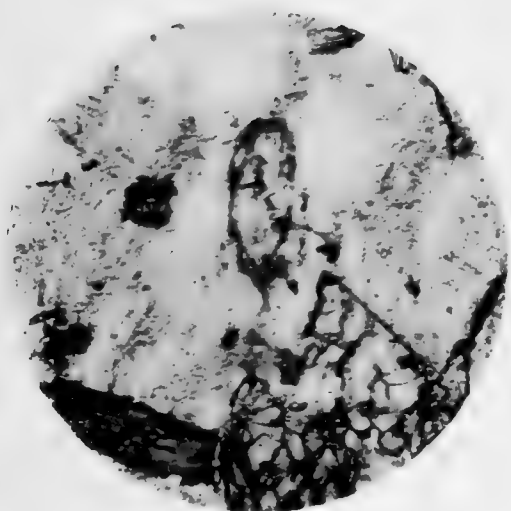
Фиг. 9.



Фиг. 10.



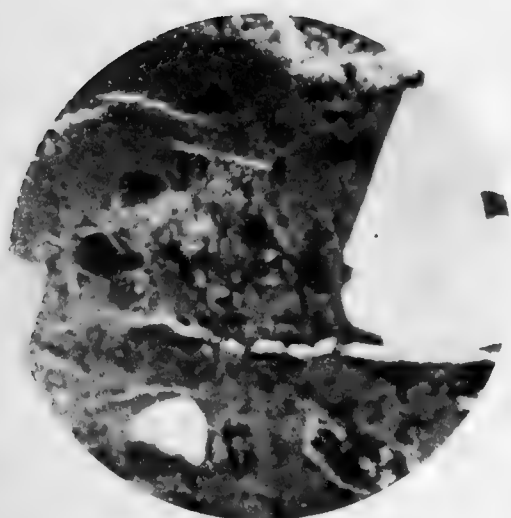
Фиг. 11.



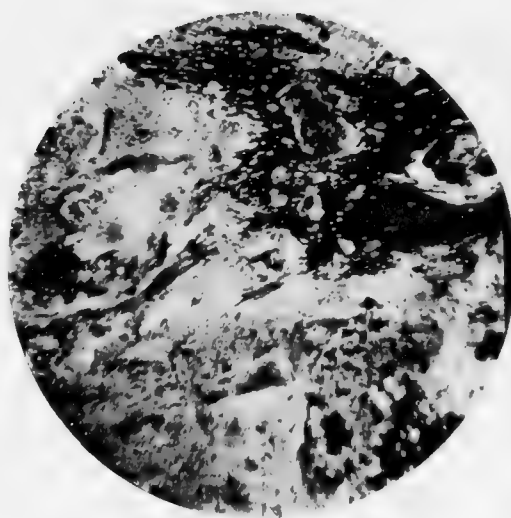
Фиг. 12.



Фиг. 13.



Фиг. 14.

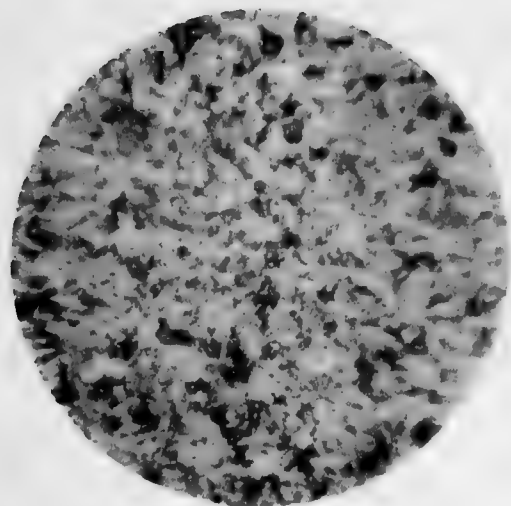


Фиг. 15.



Фиг. 16.

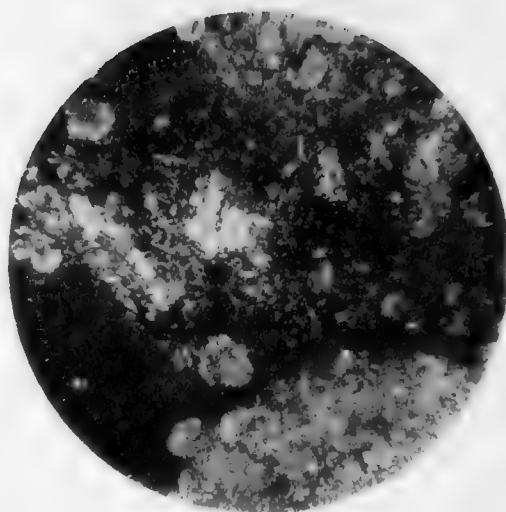




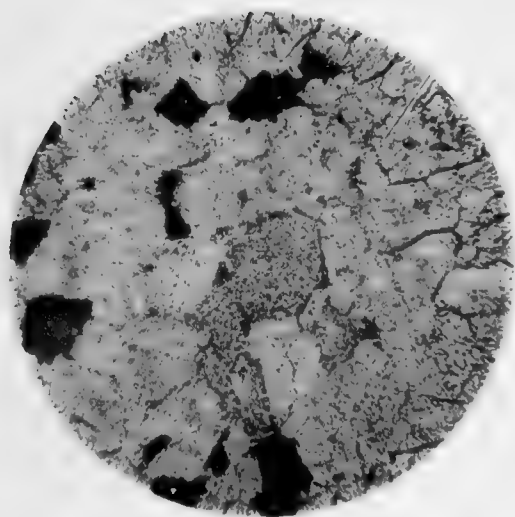
Фиг. 17.



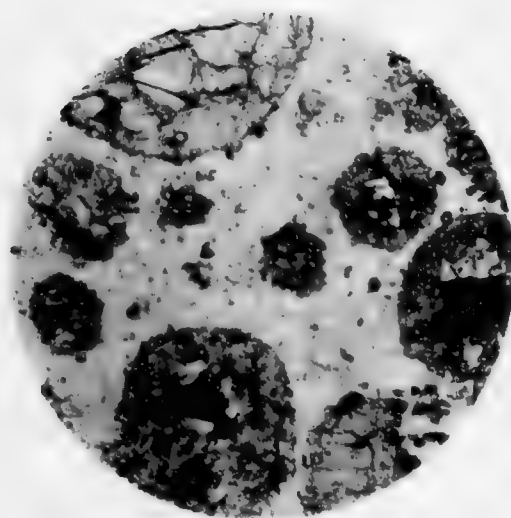
Фиг. 18.



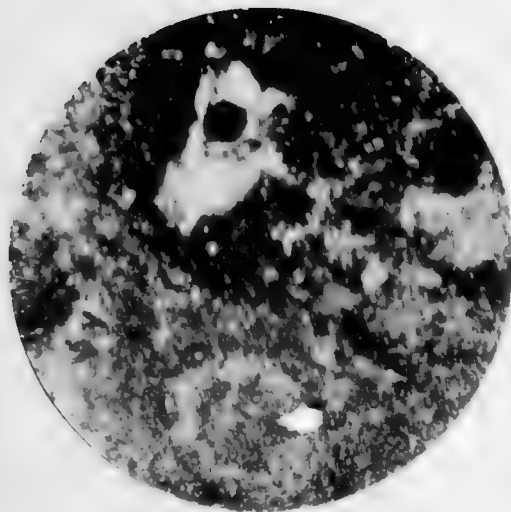
Фиг. 19.



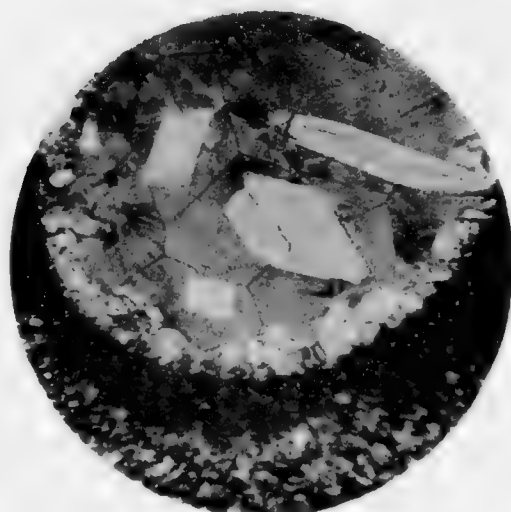
Фиг. 20.



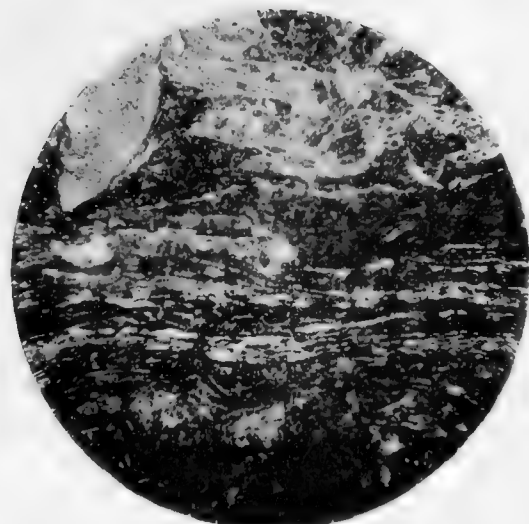
Фиг. 21.



Фиг. 22.



Фиг. 23.



Фиг. 24.

13378
ЗАПИСКИ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.

MÉMOIRES

DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG.

VIII^e SÉRIE.

ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОТДѢЛЕНІЮ.

CLASSE PHYSICO-MATHÉMATIQUE.

Томъ XIV. № 4.

Volume XIV. № 4.

**DAS RÜCKENMARK
UND
DAS VERLÄNGERTE MARK
DES NEUNAUGES.**

BEARBEITET VON

Ph. Owsjannikow.

Mit 1 Tafel.

(Vorgelegt der Akademie am 8. Mai 1902).

С.-ПЕТЕРБУРГЪ. 1903. ST.-PÉTERSBOURG.

Продается у комиссіонеровъ Императорской
Академіи Наукъ:

И. И. Глазунова, М. Эггера и Комп. и К. Л. Риккера
въ С.-Петербургѣ,
П. П. Карбасникова въ С.-Петерб., Москвѣ, Варшавѣ и
Вильнѣ,
П. Я. Оглоблина въ С.-Петербургѣ и Кіевѣ,
М. В. Ключина въ Москвѣ,
Е. П. Распопова въ Одессѣ,
Н. Киммеля въ Ригѣ,
Фоссъ (Г. Гэссель) въ Лейпцигѣ,
Люзакъ и Комп. въ Лондонѣ.

Commissionnaires de l'Académie IMPÉRIALE des
Sciences:

J. Glasounof, M. Eggers & Cie. et C. Ricker à St.-Péters-
bourg,
N. Karbasnikof à St.-Pétersbourg, Moscou, Varsovie et
Vilna,
N. Oglobline à St.-Pétersbourg et Kief,
M. Klukine à Moscou,
E. Raspopoff à Odessa,
N. Kymmel à Riga,
Voss' Sortiment (G. Haessel) à Leipsic,
Luzac & Cie. à Londres.

Цена: 80 коп. — Prix: 2 Mark.

ЗАПИСКИ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.

MÉMOIRES

DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG.

VIII^e SÉRIE.

ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОТДѢЛЕНИЮ.

CLASSE PHYSICO-MATHÉMATIQUE.

Томъ XIV. № 4.

Volume XIV. № 4.

DAS RÜCKENMARK
UND
DAS VERLÄNGERTE MARK
DES NEUNAUGES.

BEARBEITET VON

Ph. Owsjannikow.

Mit 1 Tafel.

(Vorgelegt der Akademie am 8. Mai 1902).

C.-ПЕТЕРБУРГЪ. 1903. ST.-PÉTERSBOURG.

Продается у комиссіонеровъ Императорской
Академіи Наукъ:

И. И. Глазунова, М. Эггерса и Комп. и К. Л. Риккера въ С.-Петербургѣ,
П. П. Карбасникова въ С.-Петербур., Москвѣ, Варшавѣ и
Вильнѣ,
Н. Я. Оглоблина въ С.-Петербургѣ и Кіевѣ,
М. В. Ключина въ Москвѣ,
Е. П. Распопова въ Одессѣ,
Н. Киммеля въ Ригѣ,
Фоссъ (Г. Гэссель) въ Лейпцигѣ,
Люзакъ и Комп. въ Лондонѣ.

Commissionnaires de l'Académie IMPÉRIALE des
Sciences:

J. Glasounof, M. Eggers & Cie. et C. Ricker à St.-Péters-
bourg,
N. Karbasnikof à St.-Pétersbourg, Moscou, Varsovie et
Vilna,
N. Oglobline à St.-Pétersbourg et Kief,
M. Klukine à Moscou,
E. Raspopoff à Odessa,
N. Kymmel à Riga,
Voss' Sortiment (G. Haessel) à Leipsic,
Luzac & Cie. à Londres.

Цена: 80 коп. — Prix: 2 Mark.

Напечатано по распоряженію Императорской Академіи Наукъ.

С.-Петербургъ, Сентябрь 1903 г.

Непремѣнный Секретарь, Академикъ *Н. Дубровинъ*.

Типографія Императорской Академіи Наукъ. (Вас. Остр., 9 лин., № 12).

Das Centralnervensystem wurde in den letzten Jahren vielfach untersucht und dank den neuen Methoden von Golgi, Ramon y Cajal und besonders Erlich sind interessante und schätzenswerthe Resultate aufgedeckt worden. Besonders reichhaltig waren die Untersuchungen über das normale und pathologische Centralnervensystem des Menschen und der höheren Wirbelthiere. Trotzdem ist die Structur mancher Theile des Centralnervensystems nicht hinlänglich bekannt und die Untersuchungen sind noch ziemlich lückenhaft. An der Untersuchung des Rückenmarkes des Neunauges haben viele namhafte Forscher sich theiligt. Unsere Kenntnisse auf diesem Gebiete haben Kutschin, Freud, Weliky, Kölliker, Wiedersheim, Studnicka, besonders aber G. Retzius und F. Nansen sehr bereichert, manche wichtige Fragen sind jedoch bis jetzt noch nicht gelöst. Wir wissen nicht wie die so genannten colossalen oder bipolaren Zellen sich zu den übrigen Zellen verhalten, ferner wie sich die sogenannten Müller'schen Fasern bilden. Die Structur der Glia ist dank der Silbermethode ganz anders aufgefasst, als sie in der That gebaut ist. Die schönen Abbildungen, die in grosser Anzahl sternförmige Gliazellen nebst ihren gerade verlaufenden Fortsätzen, bei sehr verschiedenen Thieren, auch bei dem Neunauge darstellen, sind im Grunde richtig, wenn wir nur die groben Fortsätze im Auge haben. Ihre Verhältnisse zu einander, zu den Nervenzellen und zu den Fasern sind wenig erforscht und meistens unrichtig aufgefasst. Ich habe bei meinen Untersuchungen alle neuen Methoden, wie die von Golgi, Ramon y Cajal, Erlich, Hämatoxylin an und für sich und mit Eisenalaun, Goldchlorid angewendet. Die Untersuchung bietet so viele, fast unüberwindliche Schwierigkeiten, dass alle Methoden zu Hülfe genommen werden müssen, wenn die Sache vorwärts gefördert werden soll. Bei Anwendung einzelner Methoden wird die Untersuchung einseitig und arm an Resultaten. Besonders gute Dienste bei Untersuchung des frischen Nervengewebes hat mir die Erlich'sche Methode geleistet, in der Form wie sie jetzt angewendet wird. Ein kleines Stück Rückenmark wird auf ein Objectglas gelegt und mit einigen Tropfen schwacher Lösung $\frac{1}{15}$ — $\frac{1}{30}$ % Methylenblau benetzt. Die Befeuchtung mit dieser Flüssigkeit wird einige Mal wiederholt bis das Präparat zu trocknen anfängt, die Zellen, ihre Fortsätze und auch die Nerven blau gefärbt werden.

Dann wird das Präparat kurze Zeit, von einigen Minuten bis zu einer halben Stunde mit einer concentrirten, picrinsauren Ammoniaklösung behandelt und schliesslich in Glycerin, das zu der obengenannten Lösung zugefügt wird, nach Bedeckung mit einem Deckgläschen, aufbewahrt. Man kann das Präparat auch nach Färbung mit Methylenblau direct mit picrinsaurem Ammoniak-Glycerin behandeln. Die Durchsichtigkeit des Präparates tritt allmählig, zuweilen nach einigen Stunden ein. Das Bild wird viel deutlicher, wenn man die Compression anwendet. Es treten dann die von den Zellen abgehenden Fortsätze, von denen man eine grosse Anzahl ganz bis zur Peripherie verfolgen kann, viel schöner hervor. Anstatt picrinsaurer Ammoniaklösung kann man, nach dem Vorschlage von Bethe das molybdensaure Ammonium anwenden. Das Präparat muss aber nach der Härtung in doppeltchromsaurem Kali oder auch in frischem Zustande mit starker etwa 1 % Methylenblaulösung wenigstens 24 Stunden lang behandelt werden. Solche Präparate können in Parafin geschnitten und in Canadabalsam aufbewahrt werden, ohne sich zu entfärben. Ich habe zu meinen Untersuchungen immer das Rückenmark von lebenden Exemplaren benutzt. Das Neunauge wurde in Stücke von 4 — 6 Cm. geschnitten. Am Rücken wurde die Haut sammt einem Theile der Muskeln mit einem scharfen Rasirmesser so abgetragen, dass das Rückenmark entblösst wurde. Von beiden Seiten des Körpers und von der Bauchseite wurde ein beträchtlicher Theil der Muskeln, ebenfalls entfernt. In einigen Fällen wurde das Rückenmark herauspräparirt. Dieses ist aber nur dann rathsam, wenn das Präparat frisch, nach Behandlung mit schwacher Methylenblaulösung untersucht werden muss. In den Fällen, wenn die Präparate geschnitten werden müssen, ist es besser das Rückenmark nur zu entblößen und die Härtung der ganzen Stücke vorzunehmen. Das Rückenmark bewahrt dann seine natürliche Form. Ist dasselbe erhärtet, so kann es herausgenommen und der weiteren Behandlung unterworfen werden, ohne dass es sich krümmt oder schlängelt. Bei Anwendung der Golgi'schen Methode ist es rathsam die Stücke von 1 — 2 Cm. Länge, die in doppeltchromsaurem Kali gelegen haben, ebenfalls in Stücken in der 1 % Silberlösung liegen zu lassen.

Wenn man sich mit Material auf längere Zeit versorgen will, so verfährt man auf folgende Weise. Es wird eine Mischung aus 2 % doppeltchromsaurem Kali und 10 % Mischung von Formalin zu gleichen Theilen genommen, dann ebenso viel 95 % Alcohol zugegossen. Zu dieser Mischung wird Picrinsäure zugesetzt, so dass dieselbe stark gelb gefärbt wird und endlich Überosmiumsäure 0,5 Grm. etwa auf 10 Stück Neunaugen. In dieser Mischung verbleiben die Stücke etwa 12 Stunden, werden dann in 95 % Alcohol übertragen. Der Alcohol wird nach 24 Stunden erneuert. Nun können die Präparate Monate lang conservirt werden. Ich benutze häufig das Rückenmark, welches auf diese Weise conservirt wurde, um aus demselben Längs- und Querschnitte zu verfertigen. Es wurde auf ein oder mehrere Tage in doppeltchromsaures Kali gelegt und dann auf 24 Stunden in eine Lösung von Hämatoxylin, bis das Präparat intensiv gefärbt war. Nun wurde dasselbe mit Alcohol entwässert, mit Nelkenöl aufgeklärt und dann bei 60° C. eine halbe bis zu einer Stunde im Brütöfen, in übererwärmtem Parafin (Graf Spee) gelassen. Darauf werden die Präparate in

Parafin, welches bis zu derselben Temperatur in einem neapolitanischen Wasserbade erhitzt war, übertragen und auf ein Objectglas niedergelegt. Da das erhitzte Parafin flüssig, also durchsichtig ist, kann man dem Präparate die gewünschte Lage geben. Nach dem Erkalten werden die Parafinstücke auf dem Mikrotom geschnitten. Die Schnitte werden auf ein Objectglas aufgetragen, welches mit Glycerineiweiss bestrichen ist. Nun wird das Glas erhitzt, damit das das Präparat umgebende Parafin schmilzt und durch Festwerden des Eiweisses die Schnitte an das Glas befestigt werden. Endlich wird das Präparat einige Mal mit Xylol begossen, dann mit absolutem Alcohol und zuletzt wieder mit Xylol. Nach Zufügen von einem Tropfen Canadabalsam wird das Präparat mit einem Deckgläschen bedeckt. Will man die Schnitte stärker färben, so trägt man die Farbe auf das Präparat, nachdem dasselbe mit Xylol und Alcohol behandelt wurde. Man erhält zuweilen ausgezeichnete Präparate nach der Färbung mit Hämatoxylinlösung und Glycerin. Diese Präparate können nach geeigneter Behandlung auch in Canadabalsam untersucht werden.

Die Färbung mit Silbernitrat entsteht dadurch, dass das Silber sich auf Nervenfasern, Zellen, Gliaelementen, Gefässen und so weiter auflagert. Dieser Process findet nicht selten statt bei Anwendung anderer Farbstoffe, namentlich Hämatoxylin und Methylenblau. Ist die Färbung intensiv, was zuweilen durchaus nothwendig ist, so erscheinen die zarten Gewebs-elemente gröber und dicker durch Auflagerung der Farbenbestandtheile. Dieser Umstand erleichtert wesentlich die Untersuchung. Ich habe besonders schöne Bilder am Rückenmarke des Neunauges erhalten, wenn ich auf folgende Weise verfuhr. Ein Stück des Rückenmarks wird mit Methylenblau gefärbt, mit absolutem Alcohol entwässert und in sehr verdünnte Celloidinlösung auf $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Stunde gelegt, dann mit Fliesspapier ausgetrocknet und wieder in Methylenlösung übertragen und so lange darin gelassen bis es sehr gut durchgefärbt ist. Dann wird es in Parafin geschnitten. Später, bei Entwässerung des Präparates, muss man bei der Behandlung mit Spiritus vorsichtig sein, damit das Celloidin nicht vollständig aufgelöst wird. Durch Auflagerung des Celloidins auf das Nervengewebe, werden die Fortsätze nicht allein gut gefärbt, sondern sie erscheinen auch dicker und sind daher unter dem Mikroskop besser zu verfolgen.

Das Rückenmark liegt in einem sehr breiten Canal, dessen oberster Theil in Form eines Dreiecks nur durch Bindegewebe und Fettzellen ausgefüllt ist. Darauf folgt die harte Haut des Marks. Dieselbe besteht aus zwei Schichten, einer äusseren und einer inneren, die von einander durch Fett- und Zellgewebe getrennt sind. Der Zusammenhang zwischen ihnen ist ein so fester, dass, wenn man die harte Haut vom Rückenmark abtrennt, meistens die beiden Lamellen abfallen.

Für die Untersuchung des Rückenmarkes im frischen Zustande, z. B. bei Färbung mit Methylenblau, ist es durchaus nothwendig die Haut zu entfernen. Es gelingt am besten, wenn man Stücke des Markes in schwacher Methylenblaulösung in einem Uhrschälchen etwa eine halbe Stunde liegen lässt. Die harte Haut lässt sich dann sehr leicht von dem Präparat mit Hülfe von Nadeln abziehen. Sie erscheint in Form eines Rohres. Zuweilen kann man

sie auf dieselbe Weise auch von ganz frischen Präparaten abpräparieren, meist ist es aber viel schwieriger. In den Lamellen sind reichlich elastische Fasern eingelagert, die sich nicht blau färben wie alle anderen Gewebstheile, sondern eine violette Farbe annehmen. In der Haut, namentlich im Zell- und Fettgewebe, findet sich auch ein Netz von Blutgefäßen, welches besonders reichlich sich im Fettgewebe verbreitet.

Die Gefäße gehen auch auf die Pia über und in das Mark hinein. Wenn es nicht gelingt die harte Haut in ihrer Totalität abzustreifen, dann stösst man auf mehrere Häutchen oder Schichten, die eine nach der anderen sich abheben lassen. Es ist eine mühsame Arbeit, bei der das Präparat leicht verletzt und verunstaltet wird.

Die Spinalganglien.

Bevor ich zur Untersuchung des Rückenmarkes übergehe, will ich einige Worte über die Spinalganglien sagen. Sehr eingehend hat Freud die Nervenzellen der Spinalganglien untersucht und gute Abbildungen von denselben gegeben. Da die Nerven sehr fein und von den übrigen Geweben dicht umgeben sind, ist die Untersuchung mit vielen Schwierigkeiten verbunden. Sie wird noch dadurch erschwert, dass an der harten Rückenmarkshaut Fettgewebe reichlich vorhanden ist. Freud hat den Schwanz vom *Petromyzon*, wo weniger Fettgewebe sich befindet, zum Studium der Ganglienzellen mit Erfolg benutzt. Er gebrauchte die Goldchloridlösung $\frac{1}{4}\%$ bis $\frac{1}{2}\%$ stark, in welcher das Präparat $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ Stunde liegen blieb, darauf behandelte er es mit Reduktionsflüssigkeit nach Pritschard. Nach 24 Stunden wurde das Präparat, das dem Lichte ausgesetzt wurde, dunkelpurpurroth. Es wurde hernach abermals während 24 Stunden in Salzsäure, Glycerin und Wasser mazerirt und alsdann herauspräparirt. Da die Ganglien sich gut färben, so gelingt die Isolation derselben verhältnissmässig leicht. Ich habe die Neunaugen mit 20% Salpetersäure behandelt und unter der Lupe die Ganglien auch isolirt. Die Isolation geschieht auf einem breiten Objectglasse. Das Ganglion zerfällt in eizelne Fasern und Zellen. Dagegen, wenn man die Lage der Ganglien zu dem Rückenmarke kennen lernen will, so sind Querschnitte durch das Rückenmark und das angrenzende Gebilde vorzuziehen.

Es versteht sich von selbst, dass das Präparat erhärtet, in geeigneter Weise vorbereitet und auf dem Mikrotom geschnitten wird. Ich rathe dasselbe vordem stark mit Hämatoxylin zu färben. Auf solchen Schnitten begegnet man Ganglienknotten mit Ganglienzellen und Fortsätzen, die nach dem Centrum und zur Peripherie verlaufen. Die centralen Fortsätze sind dünne Nerven, während die peripherischen viel dicker sind. Auf diesen Umstand haben schon ältere Forscher aufmerksam gemacht, besonders aber Freud. Trotz der Zeichnungen und der Beschreibung, die dieser Forscher gegeben hat, wird man durch die Dicke der nach der Peripherie abgehenden Nerven geradezu überrascht. Aus dem, was wir über die Nerven-

zellen wissen, nämlich dass in dieselben Bündel von Primitivfibrillen eintreten und dann heraustreten, könnte man den Schluss ziehen, dass die eintretenden Primitivfibrillen in Ganglien sich vereinigen, verschmelzen um durch eine geringere Zahl der Fasern im Rückenmarke repräsentirt zu werden. Die genannten Ganglienknoten liegen ziemlich entfernt vom Rückenmarke, während am Schwanztheil dieses Organs, wie Freud richtig bemerkt, einzelne Nervenzellen ganz auf dem Rückenmarke aufliegen. Diese Zellen kann man mit Nadeln leicht abpräpariren. Ich muss jedoch bemerken, dass ich an diesen Zellen einen sehr grossen Unterschied zwischen ein- und austretenden Nerven nicht bemerkt habe

Ueber die Stützsubstanz.

Über die Stützsubstanz des Centralnervensystems hat sich in der letzten Zeit eine sehr reiche Literatur entwickelt. Einzelne Autoren haben das Gliagewebe des Rückenmarkes und des Gehirns speciel behandelt. Auf Gliazellen hat vor längerer Zeit Deiters und besonders Bill die Aufmerksamkeit der Histologen gelenkt, obgleich R. Virchow und Kölliker noch früher dieses Gewebe von den übrigen zu trennen versucht haben. Bill hat die Zellen, so viel die damaligen Untersuchungsmittel es zuließen, richtig beschrieben. Ein viel vollständigeres Bild über die Form und Lage der Zellen besitzen wir, seitdem die Golgi'sche Methode zur allgemeinen Geltung gekommen ist.

Versuchen wir in kurzen Worten die Hauptresultate über dieses Gewebe wiederzugeben, so könnten wir dieselben in folgende Worte zusammenfassen. Die Grundlage des Centralnervensystems bei allen Wirbelthieren bildet Gliagewebe, das aus sternförmigen Zellen und Fasern besteht. Die Zellen liegen hauptsächlich in der grauen Substanz, sind von allen Seiten mit langen, sich theilenden Fortsätzen ausgestattet, die zu der Pia sich begeben und an ihrer inneren Fläche endigen. Die Ependymazellen sammt ihren Fortsätzen tragen ebenfalls zur Bildung der Grundlage für das Nervensystem bei. Übrigens wusste man von den Ependymazellen schon seit langer Zeit, dass die Fortsätze sich theilen und zur äussersten Peripherie der Marks sich begeben.

Einige Forscher haben die Glia zum Bindegewebe gerechnet. Ich glaube, dass man dieselbe eher in die Kategorie mit dem elastischen Gewebe stellen kann. Die Gliafasern besitzen ebensolchen Glanz wie die elastischen Fasern und werden durch schwache Säuren nicht verändert.

Im Rückenmarke des Neunauges finden sich Gliazellen, deren Fortsätze quer durch das Organ verlaufen, indem dieselben sowohl die vordere, als auch die hintere Fläche derselben berühren. Solche Zellen hat auch Retzius aus dem Marke des *Petromyzon* beschrieben und gezeichnet. Die Zellen sammt ihren Fortsätzen beherrschen einen grossen Flächenraum. Ihre Zahl, der wir auf einem Querschnitt des Rückenmarks begegnen, ist eine sehr

beschränkte. Die nach der Golgi'schen Silbermethode gefärbten Präparate geben so vorzügliche und scharfe Bilder, wie sie nur gewünscht werden können. Andere Hilfsmittel, Behandlung mit Hämatoxylin vervollständigen jedoch wesentlich, wie mir scheint, die mit Silberbehandlung erhaltenen Resultate. Die Ependymazellen, ihre Fortsätze, die Theilungen derselben werden gut gefärbt. Die Gliazellen färben sich ebenfalls gut, so wie auch ihre Fortsätze. Bei Silberfärbung sind dieselben sehr straff, verlaufen anscheinend geradlinig. Bei Hämatoxylinfärbung werden die feinsten Verzweigungen sichtbar. Man erkennt wie dieselben sich zwischen Nervelementen schlängeln, dieselben umwickeln, sich in unendlich feine Fäserchen theilen, Netze, Futterale um die Nervenzellen und die von ihnen abgehenden Fortsätze bilden (Fig. 2, 3, 7). Selbst sehr feine Fortsätze besitzen solche Futterale, die wie aus Spinnweben gewebt sind. Die Müller'schen Fasern besitzen Futterale aus dicken Gliafasern, die ringförmig neben einander oder auf einander gelagert sind. Die Bilder erinnern an die Tracheen bei den Insecten oder an die innere Muskelschicht der kleinen Blutgefässe. Die Fasern sind recht breit. Ihre Vereinigung mit Gliazellen lässt sich nicht nachweisen. Längs diesen Futteralen verlaufen Gliafasern, die von Zellen abstammen, welche auf den Futteralen aufliegen. Ich habe in meiner ersten Untersuchung, zur Zeit als dieses Gewebe als Bindegewebe bezeichnet wurde, beschrieben, dass von den Zellen lange Fortsätze nach allen Richtungen abgehen und dass die Zellen reichlich in der Gegend der Müller'schen Fasern sich befinden *«circum cellulas nerveas fibrasque Müllerianas ingenti numero conferta»*. Diese meine Aussage wurde von Reissner bestritten, p. 564. Häufig ist die Stelle des Rückenmarks, in welcher die Müller'schen Fasern eingelagert sind, mit Silbernitrat überfärbt, weil diese Substanz durch die äusseren Scheiden der Fasern an diesen Stellen wie durch Canäle in das Gewebe eindringt. Die ringförmig geordneten Gliafasern färben sich sowohl durch Silber, als auch durch Hämatoxylin. Die genannten Futterale stehen mit dem übrigen Gliagewebe durch feine Fasern in Verbindung und werden durch diese in ihrer Lage befestigt. Über die Lage und über die Zahl der Gliazellen geben uns Schnitte, die parallel der Oberfläche des Rückenmarkes geführt werden, Aufklärung. Ganz parallele Schnitte kann man nicht erhalten, weil das Rückenmark keine flache Form besitzt, sondern von einer Seite, nämlich der oberen, in der Mitte erhaben ist und an der entgegengesetzten, unteren Fläche eine schwache Rinne oder Mulde darstellt. Trotzdem erkennt man auf vielen derartigen Schnitten, und mit Hämatoxylin gefärbten Präparaten, die Gliazellen, nicht allein in der grauen Substanz, sondern auch in der weissen. Sie sind in derselben an manchen Orten reihenweise geordnet. Man bemerkt sie an den Seiten der breiten Müller'schen Fasern, zuweilen in sehr regelmässigen Abständen, eine neben der anderen liegend, getrennt durch ihre Fortsätze. Diese verbreiten sich nach allen Richtungen, umspinnen zugleich die ringförmigen Scheiden der Müller'schen Fasern, verzweigen sich auf ihrer Oberfläche, endigen theils frei, theils feine Netze bildend. Wenn sie frei endigen, so sind ihre Endspitzen sehr fein. An Silberpräparaten finden sich kolbenförmige Verdickungen. Ich bin geneigt anzunehmen, dass sie diese Form dem Silberniederschlag verdanken. Eine grosse Anzahl Fort-

sätze erstrecken sich bis zur Pia, berühren dieselbe ohne mit derselben eine innige Verbindung einzugehen. Dasselbe gilt auch von den Gefässen, auch hier lehnen sich die Fasern an die Gefässwand oder umspinnen dieselbe. In der Nähe der nach aussen zugespitzten Kanten des Rückenmarks liegen die Gliazellen auch reihenweise. Das Bild, das wir hier erhalten, erinnert an Körnerreihen oder Schichten der Retina.

Die Nervenzellen.

Im Rückenmarke des Neunauges finden wir 4 Arten von Nervenzellen, von denen 3 gewöhnlich eine bestimmte Lage einnehmen. Die Zellen liegen grösstentheils in der grauen Substanz des Markes. Diese Substanz hat ihren Namen von der Analogie des Gewebes derselben Art, welches reichlich im Rückenmarke der höheren Wirbelthiere vorkommt. Auf Längs- oder Querschnitten des Neunaugenmarks finden wir, dass um den Centralcanal ein Gewebe eigener Art sich befindet. Da die Nervenfasern bei dem Neunauge des Nervenmarks entbehren, so ist die Farbe des ganzen Organes grau. Der Unterschied zwischen den beiden Substanzen liegt darin, dass in der grauen reichlich sowohl Gliagewebe mit seinen Zellen, als Nervenzellen mit ihren groben Verästelungen vorkommen und die Längsfasern des Markes zurücktreten. Die Gliasubstanz erstreckt sich vom Centralcanal nach allen Richtungen fächerförmig.

Bei Untersuchung eines Längsschnittes, welcher parallel der oberen und unteren Fläche geführt wird, lassen sich von beiden Seiten des Centralcanals zwei Colonnen oder breite Bänder erkennen, welche aus dicht an einander gelagerten Zellen bestehen (Fig. 5, 9, 10). Auf Querschnitten finden wir diese Zellen, in der äusseren vorderen Fläche der grauen Substanz. Die Form der Zellen weicht bedeutend ab von der, die wir im Rückenmark der höheren Thiere zu sehen gewohnt sind. Die Zellen liegen mit ihrem Längsdurchmesser quer der Länge des Markes und sind sehr in die Länge gezogen. Bei Untersuchung mit grösseren Systemen, erscheinen sie als breite gekernte Bänder. Sie haben mehr Ähnlichkeit mit den Zellen der Hirnrinde der höheren Thiere, als mit den sternförmigen Zellen des Markes. Häufig trifft man anscheinend bipolare Zellen. In der That aber besitzen sie eine grössere Zahl von Fortsätzen. Am deutlichsten erscheint, besonders auf Längsschnitten, der Fortsatz, welcher seine Richtung nach aussen einschlägt und parallel der oberen und unteren Fläche des Markes verläuft. Er lässt sich gut auch an frischen Methylenblaupräparaten beobachten, ohne Weiteres, oder wenn dieselben mit picrinsaurem Ammoniakglycerin behandelt worden sind. Der diesem entgegenstehende Fortsatz ist auf einzelnen Schnitten ebenfalls weit zu verfolgen. Er verläuft zur anderen Hälfte (Fig. 9, 10, 15) des Markes zu Zellen derselben Art. Von den Fortsätzen der Ependymazellen lassen sich dieselben dadurch unterscheiden, dass sie dicker sind. Auf Querschnitten an gefärbten Präparaten sind dieselben noch deutlicher

zu verfolgen. Der dritte und vierte Fortsatz gehen in die Längsnerven, der eine in der Richtung des Kopfes, der andere zum Schwanz des Thieres (Fig. 5, 9, 10, 15). Beide letzten Fortsätze lassen sich ebenfalls weit verfolgen. Anders steht es mit den übrigen Fortsätzen, die gewöhnlich kurz an der Zelle abgeschnitten werden. Es leuchtet aus der Sachlage deutlich hervor, dass auf dünnen Längsschnitten es unmöglich ist alle Fortsätze weit zu verfolgen, da dieselben alle einen verschiedenen, meist entgegengesetzten Weg einschlagen. Hervorheben will ich noch, dass die meisten Zellen auf Längsschnitten pyramidal erscheinen und zwar so, dass die Basis der Pyramide nach der Richtung des Centralcanals gelagert ist und die Spitze nach aussen. Während einige Fortsätze ein bestimmtes, leicht erkennbares Ziel verfolgen z. B. zu Längsfasern werden, nach aussen streben um das Mark als vordere Wurzelfasern zu verlassen, erstrecken sich andere in das Gewebe hinein und theilen sich in feinste Zweige, so dass sie kaum verfolgt werden können. Auch die nach aussen, zu der anderen Hälfte abgehenden Fasern geben Zweige ab, die baumförmige Verzweigungen bilden. Nur die in die weisse Substanz sich begebenden, um zu Längsfasern des Markes zu werden, verzweigen sich seltener. Die Fortsätze, welche an Längsschnitten der Untersuchung entgehen, lassen sich an Querschnitten leicht beobachten. An diesen Schnitten erscheinen die Zellen nicht mehr bandförmig, obgleich mehrere ziemlich in die Länge ausgezogen sind. Manche besitzen zuweilen eine kreuzförmige Gestalt. Von dem inneren Schenkel der Zelle geht ein Fortsatz in die andere Hälfte des Markes, während der Fortsatz vom äusseren Schenkel zur oberen Fläche des Organs seinen Weg einschlägt und viele Seitenzweige ausschickt. Der von dieser Zelle abgehende untere Fortsatz, nimmt seine Richtung nach der unteren Fläche des Markes und hat denselben Character wie der obere, mit dem Unterschiede, dass der eine seiner Seitenzweige zu der Faser der vorderen Wurzel wird. Zwischen den oberen und unteren äusseren Fortsätzen, erscheint noch ein dritter und verläuft nach aussen zu den Seitensträngen. Er ist von beträchtlicher Breite und giebt auch viele Seitenzweige.

Die zweite Art der Nervenzellen liegt etwas oberhalb der eben beschriebenen, obgleich manche von ihnen sich zwischen die grossen vorderen Zellen eindrängen (Fig. 6, 8, 11, 13, 16). Man könnte die Zellengruppe, in welcher diese Elemente liegen, als obere bezeichnen. Die Zellen nähern sich dem Centralcanal und sind allseitig von Gliagewebe umspinnen. Sie sind viel kleiner als die Zellen der ersten Art. Manche liegen unmittelbar neben den Ependymazellen unterhalb derselben, andere über dem Centralcanal oder in der weissen Substanz. Einige Forscher haben Übergangsformen zwischen Ependymazellen und kleinen Nervenzellen gesehen. Da alle Nervenzellen Abkömmlinge von Epithelzellen sind, so mögen solche Formen bei niederen Wirbelthieren oder während der ersten Stadien der Entwicklung auch bei höher organisirten Thieren vorkommen. Der Unterschied zwischen diesen Elementen liegt darin, dass die Ependymazellen eine stäbchenförmige Gestalt besitzen, während die Nervenzellen, selbst die kleinsten, immer einen rundlichen Körper haben. Gewöhnlich ist die Form der Nervenzellen, auch der kleinsten, von der Feinheit des Schnittes, von ihrer

Lage und davon wie viele und welche Fortsätze abgeschnitten sind, abhängig. Man bezeichnet die Zellen gewöhnlich als spindelförmig oder dreieckig. Sie erscheinen in der That meistens unter dieser Form. Eine genauere Durchmusterung der Präparate zeigt aber, dass sie auch alle multipolar sind. Die Richtung vieler abgehender Fortsätze ist dieselbe wie wir bei den vorderen Zellen beschrieben haben. Doch sind die Fortsätze, ihrer Feinheit wegen, schwer zu verfolgen. Sie färben sich auch viel schwächer, als die der grossen Zellen. Ein Fortsatz läuft nach aussen zu den Seitensträngen, ein anderer nach innen in die andere Hälfte des Markes. Dieser Letzte nimmt seinen Gang oberhalb des Centralcanals. Die nach oben und unten abgehenden Fasern können bis in die weisse Substanz verfolgt werden, entziehen sich aber schnell der Beobachtung. Von einigen Zellen gehen Fasern ab, welche in die hinteren Wurzeln derselben oder der entgegengesetzten Seite übergehen. Kutschin, Weliky und Freud haben dieses schon früher gesehen und kann ich nun diese Thatsache auch bestätigen, muss aber hervorheben, dass die grösste Zahl der Fasern der hinteren Wurzeln wie G. Retzius und F. Nansen es bei *Myxine glutinosa* und Freud bei *Petromyzon* beobachtet haben, in die weisse Substanz sich einsenken, zum vorderen und hinteren Theile des Körpers im Marke verlaufen und dort während ihres Ganges Collaterale abgeben. Der directe Übergang der hinteren Wurzeln in die weisse Substanz kann nur auf Längsschnitten beobachtet werden.

Über die kleinen Zellen ist noch zu bemerken, dass einzelne von ihnen stern- und pyramidenförmig erscheinen.

In der Gegend des Centralkanal habe ich frei liegend eine Zelle gesehen, die unter einem rechten Winkel, nach allen vier Richtungen, Fortsätze abschickte, nach oben und unten, nach rechts und links. Die Fortsätze der kleinen Zellen theilen sich wie die der grossen.

Die dritte Art von Nervenzellen hat eine runde Form. Als ich sie zum ersten Mal beschrieb, hielt ich sie für bipolare. Sie sind grösser als die vorderen Zellen und erscheinen meistens bipolar, obgleich manche mehrere Fortsätze abschicken. Sie liegen hinter den vorderen Zellen, dem Centralkanal und den Müller'schen Fasern. Auf Längsschnitten, die aus dieser Region verfertigt werden, fehlen die grossen, vorderen Zellen ganz und an ihre Stelle treten in geringer Anzahl, aber ziemlich symmetrisch auf beiden Seiten des Marks, die grossen runden Zellen. Sie sind von allen Seiten von einer grossen Anzahl kleiner Nervenzellen und Gliagewebe umgeben (Fig. 1, 12). Die Zahl der Zellen ist geringer als der übrigen Zellen, so dass auf manchen Querschnitten des Rückenmarks man ihnen gar nicht begegnet. Dann findet man nur eine Zelle auf einer Hälfte des Marks, zuweilen die zweite auf der anderen Hälfte.

Die Fortsätze sind breite Fasern, von denen der eine zum Kopfe, der andere zum Schwanze des Thieres seinen Weg einschlägt. Die eine der Fasern scheint bei einigen Zellen um etwas schmaler als die andere zu sein. In einigen Zellen dieser Ordnung sind keine anderen Fortsätze zu entdecken, in anderen dagegen waren sie vorhanden. Sie nehmen ihren

Ursprung von der Oberfläche der Zellen und erstrecken sich unter einem rechten Winkel in das Innere der weissen Substanz. Zuweilen trifft man mehr als zwei seitliche Fortsätze. Sie sind dünner als die von den beiden entgegengesetzten Polen abgehenden Fasern und zerfallen in feine Zweige, während die Längsfasern meist nur zur Bildung der weissen Substanz beitragen.

Da die zuletzt beschriebenen Zellen mehr als zwei Fortsätze besitzen, so kann man sie nicht mit dem Namen bipolare Zellen bezeichnen. Freud nennt dieselben Hinterzellen. Einzelne Zellen sind um etwas grösser als die anderen und könnten Veranlassung geben sie als colossale Zellen zu bezeichnen. Der Unterschied in der Grösse ist aber unbedeutend und in allem Übrigen stimmen sie mit den letzten Zellen vollkommen überein, so dass sie zu derselben Art gezählt werden müssen. Gliazellen sind so reichlich in der Nachbarschaft von den Hinterzellen vorhanden, dass auf Längsschnitten dieselben wie von Spinnweben umgeben sind. Die Ähnlichkeit der Hinterzellen mit Spinalganglienzellen ist schon Kutschin aufgefallen. Freud findet ebenfalls eine grosse Ähnlichkeit zwischen diesen Elementen. Beide Forscher haben von diesen Zellen Fortsätze in die hintere Wurzel verfolgt. Ich habe unter hunderten von Präparaten nur zwei Mal den Gang eines Fortsatzes zu der hinteren Wurzel gesehen. Sonst laufen die Fortsätze gerade nach oben und unten im Marke. In seltenen Fällen theilt sich die breite Faser in einzelne Fäden.

Während ich die drei Arten von Zellen beschrieben habe, bemühte ich mich auch ihre Lage im Rückenmark genau anzugeben. Jetzt muss ich noch hinzufügen, dass Nervenzellen des ersten und zweiten Typus regelmässig auch in der weissen Substanz, nämlich in den Seitensträngen vorkommen. Zuweilen finden sich auf einem Querschnitte 3 — 4 Zellen. Sie liegen meistens in der Queraxe des Rückenmarks. Einzelne liegen aber in der Längsaxe des Organes, nämlich ihre stärker entwickelten Fortsätze verlieren sich unter den längsverlaufenden Nervenfasern. Die Zahl der grossen Zellen ist beträchtlicher, als die der kleinen. Ausser den Fortsätzen die zu Längsfasern werden, geht einer, der viele Seitenverzweigungen abgibt und doch eine beträchtliche Dicke besitzt, nach innen zu der anderen Hälfte des Marks.

Nachdem wir die verschiedenen Arten der Nervenzellen kennen gelernt haben, gehe ich zu der Beschreibung der inneren Structur derselben über. Diese ist seit mehreren Decennien so vielfach beschrieben, dass ganz neue Thatsachen nicht gegeben werden können. Es ist aber für unsere Kenntnisse wichtig, aus den verschiedenen, über diese Elemente gegebenen Angaben, jene heraus zu finden, welche dem wahren Thatbestande entsprechen.

Alle Nervenlemente, wie ich oben angegeben habe, liegen in Futteralen, die zum grössten Theil aus Gliafasern bestehen. Dickere Nerven haben stärker gebaute Futterale, das Gewebe ist dichter und die Fasern sind dicker. Wenn die Fasern in eine Zelle übergehen, so erstreckt sich das Gewebe auch auf die Zelle. Ist die Zelle gross, so ist das dieselbe umspinnende Gewebe reichlicher und die Umhüllungen, die es um die Zelle bildet, sind membranähnlicher. So dicht diese Hülle auch sein mag, sie besteht nur aus einem Flechtwerk und

bildet niemals eine continuirliche Membran. Im Flechtwerk können ausser Glia- und Nervenfasern auch Gliazellen eingewebt sein. Der Zelleninhalt besteht aus dem Zellenleib, dem Kerne und dem Kernkörperchen. Der Zellenkörper besteht aus verschiedener Substanz. Es finden sich hier im Protoplasma Schollen, über die so viel geschrieben worden ist, dass ich nichts neues hinzuzufügen habe. Ich schliesse mich der Meinung an, dass diese Bildung als präformirt zu betrachten ist und nicht als postmortales Kunstproduct.

Zur Stütze dieser Ansicht kann ich anführen, das schwache Methylenblaulösung, welche auch lebendige Gewebe färbt, die Erscheinung dieser Elemente hervorruft. Dass die Schollen aus kleinen Körnchen zusammengesetzt sind, habe ich schon Gelegenheit gehabt in der Arbeit über das Centralnervensystem des Flusskrebsses zu erwähnen. Einen wesentlichen Theil des Zellenkörpers bildet das Plasma, eine dickflüssige Masse, in welcher Fasern von verschiedener Dicke eingelagert sind. Gewöhnlich, d. h. in frischen Präparaten, aber auch an, durch verschiedene Anilinfarben gefärbten, erscheint das Plasma meist durchsichtig und gleichmässig klar ohne eine Spur von irgend welcher Structur. Hin und wieder trifft man den Inhalt wie aus Körnchen bestehend oder bei starker Vergrösserung eine verwaschene wabige Structur darstellend. Solche wabige Structur wurde häufig gezeichnet und beschrieben. In stark gefärbten oder übergefärbten Präparaten erkennt man deutlich Primitivfasern, die durch die Axenfasern und Dendriten in die Zelle eintreten. Die gröberen Fasern liegen mehr nach aussen, die feineren mehr nach innen. Dasselbe Verhältniss wie ich in den Zellen des Flusskrebsses beschrieben habe. Nur sind hier die Theilungen und Vereinigungen der Primitivfibrillen weniger deutlich wie dort.

In der gründlichen Arbeit von Fridtjof Nansen über die Structur und die histologischen Elemente des Centralnervensystems, ist die Faserung eingehend beschrieben und durch viele Zeichnungen erläutert wie z. B. Taf. III, Fig. 23; Taf. V, Fig. 46, 47; Taf. X, Fig. 96. Die Zeichnungen beziehen sich zwar meistens auf Nervenzellen von anderen Thieren, aber es ist eine grosse Übereinstimmung in der Lagerung der Primitivfibrillen fast bei allen Thieren. Die Fig. 96 bezieht sich übrigens auf die Nervenzelle von *Myxine glutinosa*, deren Centralnervensystem dem des *Petromyzon* sehr ähnlich ist. Die gezeichneten Fasern sind eigentlich Bündel, die aus Primitivfibrillen zusammengesetzt sind. Ich führe diese Figuren deshalb an, weil sie ziemlich treu die natürlichen Bilder wiedergeben. In Präparaten sind die Fasern freilich zarter und feiner. Der Kern ist in den grossen vorderen Zellen gewöhnlich sehr gross und oval. Sein längster Durchmesser erstreckt sich unter einem rechten Winkel im Verhältnisse zu der Axe des Rückenmarks. In den Hinterzellen ist er gewöhnlich rund. Die Kernmembran bietet bei den verschiedenen Formen der Zellen keine wesentlichen Unterschied. Sie liegt in einigen Zellen dem Kerninhalt dicht an, so dass sie mit demselben wie verschmolzen ist und schwer als eine besondere Haut unterschieden werden kann. In anderen Zellen hat sie sich von dem Zelleninhalte getrennt, ist intensiv gefärbt und sehr deutlich als ein besonderes Häutchen zu sehen. Man hat zuweilen Falten an dieser Membran beschrieben, die in guten Präparaten eigentlich nicht auftreten

können. Der Kerninhalt bildet sehr grosse Differenzen nicht allein bei den Zellen verschiedener, sondern auch bei derselben Art. Meistens ist ein grosses, sich gut färbendes Kernkörperchen vorhanden. Ich habe aber viele Zellen gesehen, in denen mehrere Nebenkörperchen vorhanden waren, die, was die Grösse anbetrifft, von dem Hauptkörperchen sich wenig unterscheiden. Da in manchen Präparaten diese Verhältnisse sich häufig vorfinden, so glaube ich, dass dieselben in irgend welchem Zusammenhange zu dem physiologischen Zustande der Zelle stehen. Einige von dem Kernkörperchen hatten eine deutliche Membran und ihr Inhalt war feinkörnig. In dem Kerne, welcher von feinen Fäden durchsetzt war, fanden sich feine Granula. Die Hinterzellen besitzen einen grossen runden Kern, in welchem die Zellmembran deutlich und ohne Falten zu sehen ist. Um das Kernkörperchen liegen sehr dicht an einander weniger stark gefärbte grosse Granula, die entweder rund erscheinen oder sternförmig, da von ihnen feine Fäden nach allen Richtungen abzugehen scheinen. Die Zahl derselben ist an einigen so bedeutend, dass der Kernsaft als wenig gefärbte Substanz zwischen diesen nur hier und da hervorschimmert. Es scheint, dass die Kernkörperchen aus einer Membran und einem feinkörnigen Inhalte bestehen.

In den Kernkörperchen haben einige Forscher noch einen Urkern beschrieben. Dieser ist in der That vorhanden und kann bei starker Vergrösserung ohne grosse Schwierigkeit beobachtet werden.

Es schien, dass die Nervenzelle hinlänglich erforscht war und dass nur einzelne bestimmte Bestandtheile derselben einer neuen Beleuchtung bedürfen z. B. die Lage der Primärvibrillen, ihr Verhältniss zu einander u. s. w., aber damit waren unsere Kenntnisse über diese wichtigen Gebilde nicht abgeschlossen. Golgi fand mit Hülfe der Versilberungsmethode in den Zellen besondere Fäden, welche von allen anderen bis jetzt beschriebenen Zellenbestandtheilen bedeutend abwichen. Darauf theilte der schwedische Forscher Holmgren in einer Reihe von Publicationen, die im Anatomischen Anzeiger erschienen und von Zeichnungen begleitet waren, sehr interessante Ergebnisse seiner Untersuchungen über Saftkanälchen, die er in Nervenzellen gefunden hatte mit. Er macht darauf aufmerksam, dass vor ihm Adamkewitsch ähnliche Objecte beschrieben hat und glaubt dass die von Golgi entdeckten Fasern wahrscheinlich identisch mit den von ihm entdeckten Kanälchen seien. Die Befunde von Holmgren bezogen sich anfangs auf Spinalganglien von verschiedenen Thieren. An seine Untersuchungen schliessen sich die Arbeiten von F. K. Studnicka und anderer Forscher. Studnicka hat die Kanälchen in den Ganglienzellen von *Petromyzon Planeri* gefunden und spricht die Meinung aus, dass dieselben eine grössere Verbreitung haben und keinesfalls auf Spinalganglien sich beschränken. Er glaubt die Kanälchen seien während des Lebens von einer Flüssigkeit erfüllt, die mit der des pericellulären Raumes identisch sein kann. Wir sehen, dass im Grunde seine Ergebnisse mit denen von Holmgren übereinstimmen. Ich fand aber in der eben citirten Arbeit einen Satz, den ich für höchst wichtig halte und auf den ich später zurückkommen werde: «In den Kanälchen der grossen Ganglienzellen der Oblongata finde ich besondere Bündel, die vielleicht für von dem

Inhalte der Lücken umspülte Primitivfibrillen zu halten sind.» Es liegen somit neue und höchst interessante Resultate vor uns, die von mehreren Forschern schon bestätigt und durch sehr instructive Zeichnungen beleuchtet sind. Wenn wir die Beschreibungen der neuentdeckten Elemente genauer betrachten und die Zeichnungen durchsehen, so bemerken wir leicht, dass sie bei verschiedenen Forschern nicht ganz dieselben Objecte darstellen. Wenn einzelne solide Zellenbestandtheile dem Beobachter entgehen, so ist die Sache verständlich. Sie können dasselbe Brechungsvermögen besitzen wie die übrigen und sind nur bei Anwendung besonderer färbender Substanzen sichtbar. Wenn aber Hohlräume und Kanäle, die der Aussage der Autoren nach so allgemein verbreitet sind, von den Histologen übersehen worden sind, so gebührt dem Entdecker um so grössere Ehre.

Fig. 1, auf welcher Holmgren die Saftkanälchen aus Nerven des Schlundganglion von *Helix pomatia* darstellt, erinnert mich an Bilder, die auch ich gesehen habe. Oben habe ich nämlich darauf aufmerksam gemacht, dass alle Nervenzellen in einem Korbe von feinem, äusserst dichtem Geflecht der Gliafasern und Nervenzellenfortsätzen gelagert sind, die ihren Ursprung von den Zellen nehmen. Diese Fasern stossen an einander und bilden eher ein Geflecht als ein Filzwerk. Mitunter legen sich mehrere Fäserchen an einander und es entstehen breite Gliabalken, die weiter wieder in sehr feine Fäserchen auseinander gehen. Diese Bilder beziehen sich nur auf die Oberfläche der Nervenzellen. In das Innere derselben dringen sie niemals ein. Fig. 2 zeigt ein solches Bündel von Gliafasern, welches auf der Oberfläche einer Nervenzelle gelegen ist. Die Substanz der Zelle weicht zuweilen von den Gliafasern zur Seite und wir haben das Bild eines Kanälchens, in welchem sich ein Faserbündel befindet.

Studnicka sagt: «Die Gebilde, auf die Holmgren aufmerksam gemacht hat, erwähnt unter anderen besonders deutlich Nansen. Dieser Forscher fand bei *Myxine* in den Ganglienzellen solche Gebilde, die er auf seiner Taf. X, Fig. 96 zeichnet, doch meint er es seien das vielleicht «bundles of primitiv tubes». Ähnliche Bilder habe ich auch gesehen. Sie finden sich bei Nansen auch in anderen Ganglienzellen z. B. Taf. V, Fig. 46, 47.

Auf vielen Zellsegmenten habe ich undeutliche Bilder von Fasern und Kanälchen gesehen. Auf guten Schnitten aber, die Segmente aus der Mitte der Nervenzellen darstellten, habe ich nie Gelegenheit gehabt Saftkanälchen zu beobachten. Spalten und Zwischenräume kommen allerdings zwischen Primitivbündeln in jeder Zelle vor. Dieselben können nicht als Kanälchen bezeichnet werden. Sie sind von jener Flüssigkeit ausgefüllt, in welcher die Primitivfibrillen der Zelle und der Nervenfasern überall gelagert sind. Das Flechtwerk der Gliafasern pflanzt sich von der Zelle auf alle Zellenfortsätze fort. Wir haben häufig das Bild ähnlich dem vor uns, welches in der oben citirten Figur Holmgren uns gegeben hat.

Die weisse Substanz.

Der grösste Theil des Rückenmarks besteht aus der weissen Substanz. Man unterscheidet in derselben vordere, seitliche und hintere Stränge, als deren Grenze der Ausgang der Nervenwurzeln angenommen wird. Eine so scharfe Grenze zwischen den Strängen, wie wir sie bei höheren Thieren antreffen, kommt hier nicht vor. Der überwiegend grössere Theil der weissen Substanz besteht aus Längsfasern, zum geringen Theil aus quer verlaufenden Fasern. Die Dicke der Fasern variirt im höchsten Grad von 1μ bis 70μ und mehr. Die Breite mancher Müller'schen Fasern ist bedeutender als der Durchmesser der grössten Nervenzellen. Ich habe in meiner ersten Arbeit die Dicke der Müller'schen Fasern aus dem Schwanzende, der Mitte und dem vorderen Ende des Körpers vom *Petromyzon* angegeben. Später haben andere Forscher und auch Kölliker Messungen der Fasern angestellt und ähnliche Zahlen erhalten. Die Resultate dieser Messungen zeigten, dass im oberen Theil des Markes, die Müller'schen Fasern an Umfang zunehmen. Ich glaubte daraus den Schluss ziehen zu dürfen, dass ihr grösserer Umfang davon herrühre, dass während ihres Verlaufes einzelne Nerven sich zu denselben gesellen und mit ihnen zusammenfliessen. Der Hauptbestand der Müller'schen Fasern sind die Primitivfibrillen und ihre Zahl ist in breiten Fasern reichlicher, als in schmalen. Früher wurde das Vorhandensein der Primitivfibrillen in den Müller'schen Fasern von den meisten Autoren geleugnet. Jetzt herrschen andere Ansichten darüber. Kölliker in seiner letzten Auflage «Handbuch der Gewebelehre des Menschen» sagt, dass die Primitivfibrillen in den Müller'schen Fasern sehr leicht zu sehen sind. Ich habe vor längerer Zeit mich bemüht, die Existenz dieser Elemente zu beweisen, muss aber gestehen, dass die Darstellung der Primitivfibrillen nach älteren Methoden nicht leicht ist und nicht alle Mal gelingt. Die Präparate müssen stark gefärbt werden. Auch in diesem Falle erscheinen sie zuerst als gefärbte Punkte oder kurze Striche und dann erst färben sich die ganzen Fibrillen. Dieser Umstand giebt der Vermuthung Raum, dass die Fibrillen aus zwei verschiedenen Substanzen bestehen. Sie liegen in der Nervenfaser, von einer Zwischensubstanz umgeben, die sie in die Nervenzelle begleitet und auch dort die einzelnen Fasern von einander trennt. Diese Substanz scheint in den Fasern reichhaltiger zu sein als in den Zellen, denn die ersteren schrumpfen bei Einwirkung von Reactiven viel stärker ein, als die letzteren. Die chromsauren Salze lösen in erster Linie diese Substanz, so dass die Primitivfibrillen frei zu liegen scheinen sowohl in den Zellen als auch in den Fasern. Später wurden auch die Fibrillen von diesen Salzen angegriffen. Ich kann meinen Ausspruch durch Präparate bestätigen. Mir sind die Primitivfibrillen in breiten Cylinderaxen längst bekannt und ich habe dieselben öfters beschrieben, zuweilen abgebildet. Ich werde einige Citate aus meinen früheren Arbeiten anführen. Da mir meine Arbeit über die

Structur des Nervensystems bei den Krebsen, die in den *Annal. des sciences natur.* 1861 veröffentlicht war, nicht bei der Hand ist, so führe ich meine Worte aus Freud's Arbeit an: «Mais, lorsque la préparation a été exposée à l'air pendant quelques minutes, on distingue dans ce contenu liquide des fibrilles extrêmement fines et en appuyant davantage sur le verre, elles se déplacent, se déchirent et se réduisent en une masse uniforme.» Man begegnet vielen Geweben, die, wenn sie noch lebend sind, schwer ihre wahre Structur hervortreten lassen. Aus diesem geht ferner hervor, dass die Fibrillen äusserst zart sind und leicht zerstört werden können, besonders bei roher Behandlung.

Die citirte Stelle war keineswegs in dem Sinne von mir aufgefasst, dass die fibrillare Structur eine postmortale Erscheinung ist. An einer anderen Stelle in der Untersuchung «Zur Structur der Nervenfasern», sagte ich: «Wenn auch in den Nerven fast sämtlicher Thiere die Längsstreifung und die Primitivfibrillen, im Axencylinder bei starker Vergrößerung erkannt werden können, so sind dieselben in den Centrifasern des NeunAuges deutlicher und schöner zu sehen, als bei irgend einem anderen Thiere. Die Primitivfibrillen zeigen Varicositäten und sind durch eine Zwischensubstanz von einander getrennt» (p. 110, Bd. XIII). Noch eine Bemerkung möchte ich hinzufügen, nämlich die, dass im vorderen Theil des Rückenmarks nicht allein die Müller'schen Fasern an Umfang zunehmen, sondern auch die meisten übrigen Längsfasern der weissen Substanz. Die Müller'schen Fasern ziehen durch das ganze Rückenmark und das verlängerte Mark. Die dicken Fasern liegen in der Nähe des Centralkanals unterhalb der grauen Substanz, sechs bis acht an der Zahl. Im oberen Theile des Markes sind sie in grösserer Quantität und an verschiedenen Orten des Organs vorhanden. Es ist kein Grund diese Fasern in eine besondere Kategorie zu sondern, da von den feinen Fasern zu den collosalen alle Übergangsstadien vorhanden sind. Das Auftreten solcher breiten Fasern im Rückenmarke eines Wirbelthieres ist insofern von grossem Interesse, weil diese Elemente als Verbindungsglieder der Structur des Centralnervensystems der niederen und höheren Thiere angesehen werden können. Alle Längsfasern des Markes, ebenso wie die querverlaufenden, sind von einem Gitter oder einem Flechtwerk, wie ich schon oben erwähnt habe, umgeben.

Zur Bildung dieses sehr feinen und zierlichen Gitters tragen sowohl die Gliafasern als die Nervenverästelungen bei. Sie bilden ein höchst feines, zierliches Netz, jedoch so, dass die beiden Faserarten nie in einander übergehen. Manche Forscher, wie V. Ruzicka nehmen an, dass eine Vereinigung der Gliafasern mit den Nervenfasern stattfindet. Die Futterale für die Nervenfasern, wie für die Zellen, bildet hauptsächlich das Gliagewebe, die Nervenfasern sind nur wie hinein geflochten. Bei gut gefärbten Präparaten sehen die Gliafasern schwärzer aus, während die Nervenfasern röthlich, also schwächer gefärbt sind. Sowohl die eine Art Fasern, wie die andere stehen in keiner Beziehung zu den Gefässen; die Gliafasern lehnen sich an Blutgefässe, zuweilen auch an andere Gewebe, oder an Fasern gleicher Art an. Bei Ernährung der Nervenzellen spielen weder die Glia- noch die Nervenfortsätze (Dendriten) irgend eine Rolle.

Bei dem Neunauge wie bei den Krebsen ist kein Unterschied zwischen Nervenfortsätzen und Dendriten. Alle Fortsätze sind im Dienste der Nervenleitung. Das Rückenmark des Neunauges ist arm an Blutgefässen. Die Gliafasern unterscheiden sich von den Nervenverästelungen nicht allein durch die Farbe, sondern auch durch einen, nur ihnen zukommenden eigenthümlichen Glanz. Hier und da kann man sie bis zu den Zellen verfolgen. Kern und Plasma sind an manchen Zellen an gefärbten Präparaten sehr deutlich zu unterscheiden. Der Kern ist stark gefärbt, das Plasma ist blass, bildet Fortsätze, die sich in feine Fasern theilen. An manchen Stellen werden die Fasern breiter, als ob sie in eine dünne feine Membran zerfliessen. In ihrem weiteren Verlaufe werden sie wieder feiner und bilden Netze. Die älteren Autoren z. B. Reissner haben versucht die weisse Substanz des Markes mit feinen Nadeln zu zerzupfen, nachdem sie dem Präparat Essigsäure oder Kali zusetzten. Es gelang ihnen einzelne Fasern darzustellen. Diese Fasern nannten sie Nervenfasern, da sie aus Cylinderaxis und einer Hülle bestanden. Die Nervenscheide ist an den Nerven der höheren Thiere eine continuirliche Membran. Von einer solchen Membran sind auch die Nervenzellen umhüllt. Beim *Petromyzon* ist anstatt einer solchen Hülle ein sehr dichtes Netz von Gliafasern, welche Futterale für die Nerven bilden und auch die Zellen umgeben. Ich habe oben darüber gesprochen, jetzt will ich nur darauf aufmerksam machen, dass eine Analogie zwischen der Nervenscheide der höheren Thiere und des Neunauges festgestellt werden kann. Auf den Längsschnitten des mit Hämatoxylin gefärbten Markes kann man gesonderte Futterale, in denen nackte Fasern (Cylinderaxis) liegen, selbst bei mittleren Vergrösserungen gut beobachten. Ich habe oben die Nervenzellen der grauen Substanz beschrieben, und muss nun hinzufügen, dass dieselben auch in der weissen Substanz vorkommen. Sie liegen mehr nach aussen von der grauen Substanz und von den übrigen Zellen, in den Seitensträngen. Einzelne Zellen fand ich fast ganz an der Peripherie des Markes, gewöhnlich an der unteren Fläche desselben. Sie sind meist gross und von dem Typus jener Zellen, die in den äusseren Flügeln der grauen Substanz eingelagert sind. Bipolare Zellen oder pseudobipolare kommen unter ihnen nicht vor.

Ausser den Längsfasern finden sich im Rückenmarke noch quer verlaufende Nerven. Das Verhältniss dieser Elemente zu den Längsfasern und zu Nervenzellen in allen Punkten festzustellen ist mit grosser Schwierigkeit verbunden. Um sich darin ein klares Bild zu schaffen, muss man wieder zu den Zellen zurückkehren und von ihnen abgehende Fortsätze einer genauen Kritik unterwerfen. Die grossen vorderen Nervenzellen sind der Untersuchung viel zugänglicher als die übrigen. Auf geeigneten Querschnitten bemerkt man, dass von der Zelle ein dicker Fortsatz abgeht, der die Richtung nach aussen einschlägt. Er theilt sich bald baumförmig, schickt Fasern zu der Seitenfläche des Markes, in die vorderen und seitlichen Stränge dieses Organs. Die feinsten Fäserchen schlängeln sich zwischen den Futteralen der Längsfasern durch und begeben sich bis zur pia mater. Dort endigen die meisten Fibrillen mit feinen kolbenförmigen Anschwellungen. An Silberpräparaten sind diese Kolben natürlich dicker. Einzelne Fasern endigen auch im Rückenmarke selbst, entweder mit feinen

Endbäumchen oder sie vermischen sich mit den Gliafäserchen in ein Flechtwerk, welches die Nervenzellen und Nervenfasern umgiebt. Solches Flechtwerk ist an gefärbten Längsschnitten der Müller'schen Fasern besonders schön zu beobachten. Die Theilung oder Zersplitterung der Nervenfasern findet nicht allein an querverlaufenden, von den Zellen abstammenden Fasern, sondern auch von Längsfasern statt. Ich habe oben gezeigt, dass die Fasern der weissen Substanz, zum grössten Theil von den Fortsätzen der Nervenzellen abstammen. Man kann dieselben nach oben und unten ziemlich weit verfolgen, indem sie mit den übrigen Fasern sich vermischen. Einzelne Längsfasern gehen unmittelbar von dem Körper der Zelle, unter einem rechten Winkel, in die Höhe ab. Die Zellen der Seitenstränge geben ebenfalls Material zum Aufbau der weissen Substanz. Die hinteren Wurzeln tragen auch zur Bildung dieser Substanz bei. Ob die hinteren Stränge allein aus diesen Fasern bestehen, kann mit Sicherheit nicht entschieden werden. Hin und wieder gehen die Fortsätze der grossen und kleinen Zellen in diese Stränge über. Ich mache den Leser darauf aufmerksam, dass die Stränge aus lauter feinen Fasern bestehen; solche breite Müller'sche Fasern wie sie in den vorderen und seitlichen Strängen vorkommen, finden sich hier nicht. Einzelne nach oben und unten von den Zellen abgehende Fasern, werden nicht zu Längsfasern der weissen Substanz, sondern verlaufen parallel den Müller'schen Fasern und tragen zu dem Flechtwerk bei, welches, sowohl Scheiden dieser Fasern, als auch die Körbe um die Nervenzellen bildet. Das Gewebe, in welchem die Nervenzellen liegen, besteht aus einem äusserst feinem Netze. Ob in diesem Netze die Nervenfasern mit einander per continuitatem vereinigt sind oder sich nur berühren, ist schwer zu entscheiden. Ich glaube aber an die erste Verbindungsart. Zur Untersuchung dieser Verhältnisse können die Golgi'schen Präparate nicht benutzt werden, da wir mit äusserst zarten Elementen zu thun haben. Die Maschen des Netzes sind fast von der Breite der Nervenfasern. Würden die Fasern mit Silbernitrat sich bedecken, so erhielten wir nur ein gleichförmiges schwarzes Feld, was zuweilen in den Präparaten in der That auch vorkommt.

Die Commissur und der Verlauf der Nervenfortsätze.

Die vordere und hintere Commissur im Rückenmarke des Neunauges wurden zuerst von mir beschrieben. Die erhaltenen Resultate wurden theils bestätigt, theils erweitert. Die vordere Commissur ist verhältnissmässig leicht zu sehen, schwer ist aber die Richtung der Fasern zu verfolgen, die diesseits und jenseits derselben liegen.

a. Die Fasern erstrecken sich von den grossen vorderen Zellen einer Seite und laufen unter den Müller'schen Fasern zur anderen Seite über, um in der grauen Substanz in der Nähe der Zellen derselben Art zu verschwinden. b. Die Fasern haben denselben Verlauf, nur dass sie sich zwischen den Müller'schen Fasern durchwinden. c. Die Fasern laufen in

der Nähe der unteren, also vorderen Fläche des Markes. Ihr Zusammenhang mit den Nervenzellen ist nicht nachzuweisen. Es scheint als ob sie ihren Anfang von den in das Mark eingetretenen Nerven der vorderen Wurzeln nehmen. Wenn wir die vorderen Wurzeln auf Querschnitten des Rückenmarks näher in Augenschein nehmen, so stellt sich heraus, dass die Fasern meistens nicht gegenüber der Zellengruppe liegen, sondern etwas zu der entgegengesetzten Hälfte des Markes geneigt sind. d. Zur Bildung der vorderen Commissur tragen die aus den Seitensträngen hervorgehenden Nervenfortsätze, die von den dort gelegenen Zellen abstammen, bei. Viele Commissurfasern sind recht dick und können auf grosse Strecken verfolgt werden. Wenn der Anfang einer solchen Faser mit Deutlichkeit gesehen werden kann, so entschlüpft das Ende der Beobachtung fast gänzlich. Die Faser wird dünn, was wahrscheinlich davon herrührt, dass sie sich in mehrere feine Fäserchen gespalten hat.

Die hintere Commissur besteht meistens aus dünnen Fäserchen, die entweder gleich oberhalb des Centralkanal oder in einiger Entfernung von denselben aus einer Hälfte des Markes in die andere übergehen. Die Fasern sind schwer zu verfolgen. Ausnahmen machen nur jene, die aus kleinen, spindelförmigen, unmittelbar hinter dem Centralkanal gelegenen Zellen abstammen. Sie sind auch um etwas dicker als die übrigen. Reissner sagt, er habe eine wirkliche obere Commissur an Querschnitten nicht beobachten können, setzt aber hinzu, dass er mehrere Mal mit völliger Deutlichkeit gesehen habe, dass die Fortsätze der kleinen Nervenzellen die Richtung über den Centralkanal nahmen (pag. 561). Weiter heisst es: «Ich halte mich für überzeugt, dass, wenn überhaupt eine obere Commissur vorkommt, sie durch Fortsätze der kleinen und nicht der grossen äusseren Nervenzellen gebildet werde. Von den grossen vorderen Zellen, als auch von den Zellen der Seitenstränge, gehen einzelne Fasern auch durch die hintere Commissur.

Das verlängerte Mark.

Mit dem Übergange des Rückenmarks in das verlängerte Mark, ändert sich die Gestalt desselben. Die eigenthümliche, bandartige, platte Form desselben geht in eine abgerundete über und erhält somit die Ähnlichkeit mit dem verlängerten Mark der höheren Wirbelthiere. Mit der Änderung der äusseren Form, geht die innere Umgestaltung Hand in Hand. Was die äussere Form anbetrifft, so besteht in erster Linie die Umgestaltung darin, dass der breite Durchmesser des Organs, d. h. von links nach rechts, sich verkürzt, während der Durchmesser von vorn nach hinten, anfangs um etwas zunimmt (Fig. 6). Die seitlichen Kanten werden allmählig mehr abgerundet. Das Mikroskop zeigt auf Querschnitten ein anderes Bild als das des Rückenmarks. Im letzteren lag der Centralkanal der unteren Fläche näher, als der oberen und die collosalen Müller'schen Fasern befanden sich zu beiden Seiten desselben. In der *Medulla oblongata* hat sich der Centralkanal von der un-

teren Fläche des Centralorgans entfernt. Zwischen ihm und dieser Fläche findet sich eine bedeutende Masse weisser Substanz. Die Müller'schen Fasern werden ebenfalls durch weisse Substanz, die sich zwischen ihnen und dem Centralkanal zeigt, nach unten gedrängt. Viele Müller'sche Fasern, die an der inneren Grenze der Seitenstränge sich befinden und anderweitig vorhanden waren, treten seltener auf und verschwinden zuletzt ganz. Es haben sich noch einzelne von ihnen, die unterhalb der centralen Müller'schen Fasern sich befanden, erhalten. Die graue Substanz, die seitlich von dem Centralkanal im Rückenmarke, zum Theil weit entfernt in der Art von zwei ausgebreiteten Flügeln lag, hat sich zusammengezogen und bietet eine Ähnlichkeit mit der, der höheren Thiere dar. Nach vorn findet eine Ausbuchtung statt, die nach den Seiten etwas abgerundet ist. Die hintere Partie ist nicht zugespitzt wie bei höheren Thieren, sondern flach oder abgerundet. An manchen Stellen finden wir unbedeutende Hervorragungen. Die grossen Nervenzellen behalten die Form und den Character, welchen sie im Rückenmarke besaßen. Sie liegen nach vorn und umgeben den seitlichen Theil der Substanz. Die Fortsätze gehen nach derselben Richtung wie im Rückenmarke. Einzelne Zellen treten aus der grauen Substanz heraus und nehmen ihren Platz nicht weit von der unteren Fläche des Markes. Der untere Fortsatz gesellt sich zu den Fasern der vorderen, in das Mark durch die Wurzeln eintretenden Elemente. Die kleinen Nervenzellen sind in grosser Anzahl vorhanden. Etwas weiter hinauf verringert sich die Zahl der grossen und wächst die der kleinen Zellen. Auf vier oder fünf grosse Zellen kommen über 40 kleine. Sie nehmen die hintere Partie der grauen Substanz ein, liegen in Gruppen oder zerstreut im Gliagewebe. Man findet unter ihnen solche, die eher mittelgross, als klein zu nennen sind. Wir rechnen sie jedoch zu den kleinen Zellen, bis es sich herausstellt, dass sie als eine besondere Abart anzusehen sind. Auf Querschnitten finden sich häufig solche Stellen, in welchen die grossen Zellen die kleinen oder die mittleren durch die Nervenfortsätze allseitig, wie mit einem Ring umgürteln. Einzelne Zellen liegen in der hinteren Partie der grauen Substanz. Aber sogar in dieser Lage der Zellen geht ein Fortsatz zu der unteren Fläche des Vorderhorns. Die graue Masse nimmt einen bedeutend grösseren Raum ein als im Rückenmarke. In der Mitte der Zellengruppe liegt ein bogenförmiges Gefäss, welches mit seiner Convexität zum Centralkanal gerichtet ist. Die grossen, pseudobipolaren Zellen entfernen sich ebenfalls vom Centralkanal. Anstatt einer auf jeder Hälfte des Markes liegenden Zelle, begegnet man nicht selten zwei. Der Umfang des Centralkanals ist anfangs nur etwas grösser, nimmt aber stets an Grösse bedeutend zu.

Wenn wir auf Querschnitten die Veränderungen, die im Lumen des Centralkanals vorgehen, studieren, so erkennen wir, dass mit diesen Veränderungen der ganze histologische Bau dieses Organs sich wesentlich verändert. Der Umfang des Centralkanals wird grösser, das Lumen wird etwas oval. Man erkennt eine zugespitzte Partie desselben, von dem ein Theil in die vordere, der andere in die hintere Spalte mündet. Während der Kanal an Grösse zunimmt, fangen die seitlichen Müller'schen Fasern an zu verschwinden, bis sie endlich nicht mehr gesehen werden können. Ich bezeichne mit dem Namen Müller'sche Fasern,

nicht allein diejenigen, welche in der Umgebung des Centralkanal's liegen, sondern, wie ich schon oben erwähnt habe, alle dicken Fasern, die im Rückenmarke entstanden sind. Auf manchen Querschnitten scheint es, als ob sie sich in feine Fasern auflösen, die in der Substanz der Seitenstränge ihr Ende nehmen. Ein bedeutender Theil der grauen Substanz der vorn, hinten und von den Seiten von Nervenzellen umgeben ist, besteht ausschliesslich aus Gliazellen und Gliafasern und aus einem Netze feinsten Nervenverzweigungen.

Fig. 6 zeigt einen Querschnitt, in welchem der Centralkanal sich zu erweitern anfängt. Die seitlichen Müller'schen Fasern sind zum Theil noch vorhanden. Die in den Seitensträngen liegenden Nervenzellen, die im ganzen Rückenmarke, selbst noch im Schwanzende vorhanden waren, verschwinden in dem verlängerten Marke vollkommen. Auf dieser Zeichnung sieht man zwischen den Zellen jenen freien Raum, der fast ausschliesslich durch Gliagewebe und Nervenverzweigungen ausgefüllt ist. Bei stärkerer Vergrösserung erscheint natürlich dieser Raum beträchtlicher. Gehen wir von diesen Querschnitten etwas nach hinten, so wird die Zahl der grossen Zellen geringer, nach vorn, zum Kopfe hin, nimmt sie dagegen zu. Überhaupt vergrössert sich die Zahl aller Zellen. Auf der Zeichnung Fig. 6 sehen wir nur ein kleines Bündel Fasern, die aus dem Marke heraustreten. Auf den Schnitten, die aus etwas höheren Regionen genommen sind, wird die Zahl der, in die Nerven eintretenden Fasern grösser. Mehrere Faserbündel treten aus dem Organe heraus, einzelne der Spitze der Seitenstränge nahe, andere der Mittellinie des Organs näher. In diesen Strängen kann man die Fortsätze der grossen Nervenzellen bis zu den Nervenwurzeln gut verfolgen. Die Fortsätze der kleinen Zellen, die hoch oben gelegen sind, können ebenfalls bis zu ihrem Austritte aus dem Marke verfolgt werden. Die Fasern gehen bogenförmig über die seitlich auf der grauen Substanz gelegenen grossen Zellen und gesellen sich zu den übrigen Fasern des Nervenbündels. Hier begegnen wir denselben Erscheinungen, die uns schon aus dem Rückenmarke bekannt sind. Ein Theil der eintretenden Fasern geht in den Fortsatz der Nervenfasern über, während ihr Seitenzweig auf die andere Seite hinübertritt und sich in der Zellengruppe der anderen Seite theilend, zu verschwinden scheint.

Ein directer Übergang dieses Fortsatzes in die Nervenzelle ist nicht festzustellen, dagegen scheint es sehr wahrscheinlich, dass er mit einem der, von diesen Zellen abgehenden Dendriten, in Communication tritt. Die eben beschriebenen Fasern gehören zur vorderen Commissur. Sie verlaufen entweder unweit der unteren Fläche des Markes, sind ziemlich dick, oder sie schlängeln sich zwischen centralen Müller'schen Fasern durch. Eine obere Commissur besteht ebenfalls, die Fasern, die sie bilden, sind feiner, verlaufen unregelmässig. Manche gehen auf die andere Seite, gleich oberhalb des Centralkanal's, noch im Bereiche der grauen Substanz, andere liegen viel höher, schon in der weissen Substanz. Es findet eine Kreuzung der Fasern, sowohl in der unteren, als auch in der oberen Commissur statt.

Ausser den Commissurfasern gehen Fortsätze von kleinen Zellen direct in die weisse Substanz, wo sie in freie Endbäumchen zu endigen scheinen. In derselben Weise endigt ein Theil der von grossen Zellen abstammenden Fortsätze. Auf einem Querschnitte, welcher

aus dem vorderen Theil der *Medulla oblongata* verfertigt ist, Fig. 8, sieht man wie der Centralkanal sich zu öffnen anfängt, indem die hintere Fissur von innen nach aussen sich erweitert und die beiden Schenkel der hinteren Stränge in Form von Hörnern zu beiden Seiten auseinander weichen. Die Spitzen der Hörner sind anfangs stumpf, später werden sie mehr zugespitzt. Die vordere Fissur bleibt unverändert, rechts und links von ihr liegen die Querschnitte der mittleren Müller'schen Fasern, nach rechts und links von ihnen liegen die grossen multipolaren Zellen, die bandförmig von innen nach aussen sich erstrecken. Weiter hinauf kommt eine Gruppe von kleinen Zellen, dann einzelne grosse, schliesslich liegen nur kleine Nervenzellen. Sie bilden eine bedeutende Gruppe, die je mehr sie sich zu der Spitze der Hörner erstreckt, je ärmer an Nervenzellen wird. Endlich treten als Fortsetzung dieser Elemente einzelne Gliazellen auf. In dieser Gegend, nämlich am Ausgange des Kanals, werden die Cylinderzellen zu Pflasterepithel. Es muss bemerkt werden, dass einzelne grosse Zellen eine quere Richtung annehmen d. h. einen rechten Winkel mit den übrigen Zellen bilden. Fig. 8 zeigt einige solcher Zellen. Sie liegen zwischen der Gruppe von grossen und kleinen Nervenzellen. Über ihnen liegt eine Gruppe von kleinen oder eher mittelgrossen Zellen. Auf der Zeichnung bietet diese letzte Gruppe nichts charakteristisches, da die Vergrösserung eine schwache ist. Von den quer gelegenen Zellen gehen die Hauptfortsätze einerseits zur Spitze der Hörner, frühere Hinterstränge, andererseits zur anderen Hälfte des Marks. Diese Zellen könnten als Commissurzellen bezeichnet werden. Es scheint als ob ihre Fortsätze ein feines Netz mit den Nebenfortsätzen der übrigen Nervenzellen bilden. Endbäumchen kommen auch vor. Auf der Zeichnung kann man bemerken, dass die Hauptfortsätze der grossen Zellen in die Nervenwurzeln übergehen. Auf den Präparaten ist dieses noch besser zu sehen. Dort können die Fortsätze von kleinen Zellen ebenfalls bis zu den Nervenwurzeln verfolgt werden.

Als besondere Eigenthümlichkeit des verlängerten Marks muss eine Nervenschicht verzeichnet werden, die zwischen den centralen Fortsätzen der Nerven und Cylinderzellen gelegen ist. Sie bildet in der Gegend der oberen Kante der Rautengrube eine schmale Schicht. Weiter nach aussen wird sie dicker, näher zur Spitze der Hörner wieder schmaler. Diese Fasern verdanken ihr Entstehen den Nervenzellenfortsätzen. Man erkennt an den centralen Enden der Nervenzellen Fortsätze, zwei oder mehrere, die anfangs ihre Richtung zu den Cylinderzellen nehmen und auf halbem Wege ihren Lauf ändern, indem sie nach aussen, innen und nach vorn einschlagen. Sie kreuzen sich mit den Fortsätzen der Cylinderzellen, häufig unter einem rechten Winkel. Mir scheint, dass die Fortsätze, bevor sie zu Fasern werden, ein feines Netz unter sich bilden. Wenn ich die beschriebene Eigenthümlichkeit des verlängerten Marks bezeichne, so ist damit nicht gesagt, dass solche Verhältnisse im Rückenmark gar nicht vorkommen. Im verlängerten Mark sind dieselben deutlicher zu sehen. Im Rückenmarke gehen von centralen Fortsätzen der Nervenzellen Zweige ab, die ebenfalls zwischen Cylinder- und Nervenzellen, also im Bereiche der grauen Substanz ein sehr feines Netz bilden. Wenn wir auf Längsschnitten des verlängerten Marks diese Schicht

untersuchen, so finden wir, dass dieselbe aus Längsfasern besteht, die von hinten nach vorn d. h. zum Kopfe verlaufen.

Auf den Querschnitten, die wir beschrieben haben, taucht ein reichliches System der Querfasern, deren Andeutungen schon in den unteren Partien des Organs vorhanden waren, auf. Diese Fasern die bogenförmig verlaufen, sind sehr zahlreich. Man könnte dieselben in zwei Schichten theilen. Die eine läuft an der unteren Fläche des Schnittes, bildet eine mächtige Lage, kann bis zum Grunde der hinteren Stränge und noch weiter verfolgt werden. Die obere Schicht scheint sich von den Fortsätzen der Nervenzellen, die das verlängerte Mark zu verlassen trachten, abzuspalten. Diese Abspaltung findet auf halbem Wege ihres Verlaufes statt. Dann gehen die Fasern ebenfalls in die hinteren Stränge. Ungefähr an derselben Stelle wo diese Fasern entspringen, entsteht, wahrscheinlich auf dieselbe Weise, noch ein System transversaler Fasern, die durch die vordere Fissur, die Richtung nach der anderen Seite einschlagen und auch in der Substanz der Hinterstränge ihr Ende nehmen.

Fig. 6 und 8 e zeigen an der unteren Fläche des Marks ein Bündel von Nervenfasern nicht weit von der unteren Fissur. Diese Nerven entspringen zum grössten Theil aus Zellen, die etwas höher liegen. Sie können bis zu diesen Zellen auf mehreren Schnitten gut verfolgt werden. Ich würde diesen Nerv als motorische Wurzel des Vagus bezeichnen. Weiter nach aussen, der Nervengruppe von kleinen Nervenzellen gegenüber, dort wo dieselben eine Ausbuchtung nach aussen bilden, findet sich eine obere Nervenwurzel, aus zahlreichen aber sehr feinen Fasern bestehend. Man könnte diese Wurzel, die sensible Partie des Vagus nennen. Wahrscheinlich haben manche Forscher (Ahlborn) diesen Nerven Hypoglossus genannt. Diese Nerven sind theils bis zu der oben bezeichneten Gruppe zu verfolgen. Der grösste Theil dieser Fasern geht in die Substanz der Hinterstränge über und verschwindet zwischen zahlreichen Zellen, die sich dort befinden. Eine bedeutende Gruppe solcher Zellen liegt am Grunde des Hinterstranges und erstreckt sich hinauf zu der Spitze desselben. Die vordere Fissur wird durch eine grosse Anzahl von Querfasern so durchsetzt, dass sie als Raphe bezeichnet werden könnte. Eine grosse Anzahl von Nervenfortsätzen geht in die weisse Substanz wo sie sich baumförmig theilen. Wenn man die Gruppe der kleinen Nervenzellen mit stärkeren Vergrösserungen betrachtet, so erkennt man, dass sie in mehrere kleine Gruppen zerfällt und dass zwischen diesen Gruppen und zwischen einzelnen Zellen, ein überaus reiches Geflecht von feinen Nervenfasern sich befindet. Die Fäserchen laufen nach allen Richtungen hin, nachdem sie eine Zellengruppe, wie durch ein Flechtwerk umzingelt haben.

Gehen wir noch etwas mehr nach vorn und betrachten den Querschnitt Fig. 13, welche den 4-ten Ventrikel darstellt, so erkennen wir, dass die Zahl der Nervelemente sich noch vermehrt hat. Vom Centralkanal ist nichts mehr zu sehen. Das Cylinderepithel bekleidet die äussere obere Fläche des Marks. Die Seitenstränge sind noch mehr zur Seite gewichen. Die feinere Structur des Organs bleibt in den Hauptzügen dieselbe, wie wir sie beschrieben haben. Die Abweichungen bestehen eher in der Zunahme der Elemente als in ihrer Gruppierung unter sich. Wir halten uns bei der Beschreibung an die Fig. 13. Die quer verlauf-

fenden Fasern füllen den ganzen Raum aus zwischen den Epithelzellen und der unteren Fläche des Marks. Die innere, an die vordere Fissur des Marks grenzende Nervengruppe besteht aus grossen Zellen. Unter ihnen finden wir zwei bis drei von ausserordentlicher Grösse, so dass wir mit vollem Recht dieselben als Riesenzellen benennen können. Auf der Zeichnung sind sie nicht abgebildet. Nicht auf jedem Schnitt begegnet man natürlich demselben Bilde. Es können statt der grossen Zellen ein paar kleinere sein und die grossen folgen ihnen nach. Nach aussen von der ersten Gruppe liegt die zweite, die aus kleinen und mittelgrossen Zellen besteht. Die Gruppe ist sehr zahlreich. Die dritte Gruppe enthält wenig grosse Zellen. Die letzte und vierte Gruppe ist die reichste an kleinen Zellen. Dieselben erstrecken sich ziemlich weit in das Innere der weissen Substanz. Zu der Spitze des Hinterhorns werden die Zellen immer seltener, bis sie schliesslich nur eine Reihe bilden, die parallel dem Epithel verläuft. Aus dieser Beschreibung wie auch aus dem Vergleiche der Fig. 8 mit der Fig. 13, ersieht man, dass die Zellen hier und dort nach einem und demselben Plane vertheilt sind. Während die beschriebenen Gruppen der Nervenzellen alle in einer bestimmten Entfernung vom Epithel gelagert sind, drängen sich einzelne ganz an das Epithel. Gewöhnlich kommen nur zu einer solcher Zellen auf jeder Hälfte des Marks vor, die häufig symmetrisch gelagert sind. Die längsten Fortsätze, die auch am weitesten verfolgt werden können, sind diejenigen, die nach aussen, nach unten und nach innen sich erstrecken. Besonders bemerkenswerth sind die Fortsätze, die gleich unterhalb der Zellen liegen.

a) Von der äussersten Spitze der letzten, d. h. der vierten Gruppe gehen Fortsätze zu den Zellen der ersten Gruppe, sowie von dieser zu der vierten. Dieses geschieht auf einer und derselben Seite. Im Rückenmarke habe ich von Fortsätzen gesprochen, welche die Nervenzellen wie ein Flechtwerk umgeben. Ich glaube, dass wir hier derselben Erscheinung begegnen, nämlich einer Verknüpfung der Nervenzellen mit einander durch ihre Fortsätze. Ein Theil der Fortsätze ist ziemlich dick und geht in Endbäumchen über.

b) Von den Zellen aller vier Gruppen gehen noch Nervenbündel, welche die Richtung zur entgegengesetzten Seite einschlagen. Die Fasern sind meistens fein. Sie gehen durch die Fissura inferior massenhaft zur anderen Seite, indem sie theils einander parallel liegen, theils sich kreuzen. Einzelne Fasern zeichnen sich durch ihre Dicke aus. Wenn sie die andere Hälfte des Marks erreicht haben, gehen sie fächerförmig aus einander und erreichen die graue Substanz ungefähr an der inneren Fläche der Hinterstränge.

c) Aus allen vier Gruppen gehen noch Fortsätze in die weisse Substanz. Sie gehen nach allen Richtungen und streben die untere Fläche des Marks zu erreichen. Sie zersplittern sich in Endbäumchen und scheinen frei zu endigen.

d) Von allen oben beschriebenen Zellengruppen gehen Fortsätze in Bündeln zu der unteren Fläche der weissen Substanz, um an der Grenze der Hinterstränge mit den Seitensträngen, das verlängerte Mark zu verlassen.

Ausser jenen vier Gruppen die wir bereits beschrieben haben, kommt eine nicht geringere Anzahl kleiner Nervenzellen, entweder durch die ganze weisse Substanz zerstreut

oder in kleine Gruppen vereinigt vor. Nicht weit von dem Ausgange der Nervenwurzel befinden sich einige grosse Zellen in gestreckter Form, deren langer Fortsatz anfangs nach oben geht, hernach eine bogenförmige Biegung beschreibt. Er geht durch die Fissura inferior in die entgegengesetzte Hälfte des Markes sich theilend, um am Ursprunge der Nervenfasern symmetrisch zu endigen. Der ganze Raum zwischen den Nervenzellen und der unteren Fläche des Marks ist durch quer verlaufende Commissurfasern ausgefüllt, die in der Fissur enger an einander treten, um später fächerartig sich zu zerstreuen.

Während im Allgemeinen in allen oben angeführten Querschnitten im Ganzen und Grossen die histologischen Verhältnisse unter sich übereinstimmen, mögen diese oder jene Nerven von den Nervenzellen entspringen, entstehen wesentliche Veränderungen in den Hintersträngen. Anfangs finden sich in denselben querdurchschnittene Längsfasern und eine geringe Anzahl kleiner Nervenzellen. Weiter nach dem Kopfe hin, tritt ein Bündel von Nervenfasern auf, die sich nach unten sammeln, nach oben auseinander weichen. Nun treten in reichlicher Zahl Nervenzellen zwischen den Fasern auf. Es kommen noch Querschnitte vor, in denen die centrale Partie von der Punctsubstanz eingenommen wird, so dass die Zellen und die Fasern peripherisch zu liegen kommen.

Von der vorderen Partie des verlängerten Marks gebe ich keine Zeichnung. Ich verweise auf Fig. 1, Taf. 1 meiner Abhandlung «Über das Gehörorgan von *Petromyzon fluviatilis*». Auf der genannten Figur ist eine recht gute Zeichnung von jenen Theilen des Marks gegeben. Man sieht dort die Nerven des Acusticus und Facialis von den Zellen entspringen. Ein Theil jener Veränderung, die im Hinterstrange vorgegangen ist, ist ebenfalls dargestellt. Die Hinterstränge sind ganz mit kleinen Nervenzellen ausgefüllt, von denen Nervenfasern abgehen. Es ist interessant, dass ein Theil der Nerven bei ihrem Heraustreten aus dem Marke kleine bipolare Zellen an sich trägt, während der andere Theil mit grossen Zellen ähnlicher Art versehen ist. Weitere Veränderungen bestehen darin, dass der Boden der Rautengrube von beiden Seiten der vorderen Fissur durch grosse Anhäufung von Nervenzellen sich hervorwölbt. In der Mitte dieser Wölbung hat sich die Zahl der Fasern, die zwischen den Nerven und Epithelzellen liegen, auch bedeutend vermehrt. Um diese Zeichnung noch zu ergänzen füge ich hinzu, dass auf manchen Schnitten die Zahl der grossen Zellen eine bedeutendere ist und die kleinen Nervenzellen, die an die Fissur grenzen, deutlicher hervortreten, als dort angegeben ist.

In der vorliegenden Abhandlung war ich bemüht die Structur der Nervenzellen, ihre Lage im Centralorgan und das Verhältniss der Nervelemente zu den Fasern zu schildern. Dem Verhältniss der Nervenzellen zu bestimmten Nervenwurzeln und zu dem peripherischen Nervensystem muss eine besondere Untersuchung gewidmet werden. Es sind leider manche Punkte noch dunkel geblieben, aber die Untersuchungen des Centralnervensystems sind fast mit unüberwindlichen Schwierigkeiten verbunden. Eine allgemeine Untersuchungsmethode für das Nervensystem aller Thierklassen existirt nicht.

Die Hauptresultate nebst einigen Bemerkungen zu der vorliegenden Arbeit.

Die Golgi'sche Methode färbt ausgezeichnet das Gliagewebe und weniger gut und erst später die Nervelemente. Die besten Färbemittel sind Hämatoxylin und Methylenblau nach Bethe.

Im Rückenmarke des Neunauges können die Nervenzellen in drei Arten untergeordnet werden:

1. Grosse Nervenzellen im vorderen Theile der grauen Substanz. Die vorherrschende Form, die auf Längsschnitten besonders gut beobachtet werden kann, ist die einer Pyramide. Sie erscheinen zuweilen bipolar. Der Fortsatz, der sich durch seine Dicke und grosse Anzahl von Nebenzweigen auszeichnet, verläuft zu der Spitze der Seitenstränge. Von der Basis der Pyramide geht ein Fortsatz in der Richtung zur nebenliegenden Hälfte des Marks. Es gehen ausserdem drei oder vier Fortsätze anscheinend nach verschiedenen Richtungen. Ein Fortsatz schlägt die Richtung zum Kopfende und der andere nach dem Schwanzende des Thieres ein. Die letzteren Fortsätze, deren Zahl grösser sein kann als zwei, gehen in die Fasern der weissen Substanz. Ihre Seitenzweige umspinnen die Nervenzellen und Nervenfasern. Im verlängerten Mark kommen Zellen vor, die eine sehr gestreckte Form besitzen. Ihr Körper hat das Aussehen einer breiten Müller'schen Faser, die in der Mitte einen Kern trägt. Wenn diese Zellen auch eine von den übrigen abweichende Gestalt besitzen, so sind sie den übrigen grossen Nervenzellen fast in allen Eigenschaften gleich.

2. Die zweite Art liegt meist oberhalb der ersten. Es sind kleine Nervenzellen, auch multipolar. Im Gehirn ist diese Form vorherrschend.

3. Die dritte Art, die ich bipolare Zellen benannt habe und die Freud als Hinterzellen bezeichnet, liegen meistens nach hinten, gleich hinter dem Centralkanal. Sie sind grösser als die grossen Zellen der vorderen Hörner der grauen Substanz. In seltenen Fällen kann man eine von diesen Zellen abgehende Faser bis in die hinteren Wurzeln verfolgen, meistens laufen die beiden von der Zelle abgehenden Fasern in die weisse Substanz in einander entgegengesetzter Richtung. Die Fasern können leicht verfolgt werden. Selten ändert sich ihr geradliniger Lauf, indem sie sich seitwärts biegen oder Seitenzweige abgeben. Bipolar können die Zellen eigentlich nicht genannt werden, da unter ihnen solche vorkommen, an denen mehrere feinere Fortsätze von dem Körper der Zelle seitwärts zwischen den beiden dicken polaren Nerven abgehen. Die collossalen Zellen zähle ich der Kategorie der Hinterzellen zu.

In Seitensträngen finden sich Zellen mit dem Character der grossen vorderen Zellen. Die Form dieser Zellen ist eine höchst mannigfaltige. Einzelne sind den Zellen der vorderen

Hörner sehr ähnlich, dann kommen aber Zellen die bipolar erscheinen. Sowohl der in die Zelle eintretende Fortsatz als auch der austretende sind äusserst dick. Einer von den Fortsätzen kann dünner sein als der andere. Die Zelle erscheint zuweilen in Form eines rechtwinkligen Kreuzes. Der eine Fortsatz ist nach aussen, der andere nach innen gerichtet, während der dritte die Richtung nach oben, der vierte nach unten einschlägt. Ausserdem kommen hier die Retzius'schen Zellen vor. Ich fand sie an Präparaten die nach der Golgi'schen Methode angefertigt waren. Die vorderen Nervenzellen gehen eine Verbindung mit den Fasern der vorderen Wurzeln ein. Einzelne kleine Nervenfasern scheinen Zweige von sich auszuschicken, die sowohl in die hinteren als auch in die vorderen Wurzeln sich einsenken.

Die Fasern der hinteren Wurzeln geben nachdem sie das Mark erreichen, Seitenzweige, dieselben werden durch Abgabe der Collateralen äusserst dünn.

Die beiden Hälften des Marks sind durch eine vordere und hintere Commissur mit einander verbunden.

Die Hauptfortsätze der grossen Nervenzellen gehen in die Seitenstränge, zum Theil aber in die gegenüberliegende Hälfte des Marks. Ihre Dendriten vertheilen sich nach allen Richtungen und erreichen die äussere Fläche des Marks.

Von den grossen vorderen Nervenzellen gehen meist, wie auf den Zeichnungen zu sehen ist, vier bis sieben dicke Fortsätze aus, die theils in die Nervenwurzeln, theils in die Längsfasern, theils in die Endbäumchen oder in Nervengeflechte übergehen. Alle feinen Fortsätze, die man als von der Oberfläche des Zellkörpers der grossen Zellen abgehend beschreibt und zeichnet, sind meistens Kunstproducte.

Der Zellenleib besitzt eine glatte Oberfläche und liegt frei in einem Korbe, welcher aus einem dichten Flechtwerk von feinsten Nervenverästelungen und Gliafasern besteht.

Diese Gewebelemente liegen dicht auf einander und scheinen zum Theil Netze zu bilden. Zur Bildung des Nervengeflechtes tragen nicht allein die Verästelungen der Nervenfortsätze der gleichen Hälften des Marks bei, sondern auch die der entgegengesetzten Seite.

Diese Fortsätze gehen nie irgend welche Verbindung mit dem Zellkörper ein.

In den Futteralen der breiten Nervenfasern sind Nervenverästelungen eingeflochten.

Freiendigung der Nerven in Form von Endbäumchen findet besonders an der Peripherie des Organs statt.

Die Hauptbestandtheile der Nervenzellen sind feine Fibrillen, die in die Nervenfasern und Nervenverzweigungen übergehen.

Alle von den Nervenzellen abstammenden Fortsätze haben eine und dieselbe Structur und dienen zur Leitung des Nervenreizes. Die Dendriten haben nichts mit der Ernährung der Nervenzellen zu thun. Sie stehen bei dem Neunauge mit den Gefässen in keiner Verbindung. Das Gliagewebe dient als Stützsubstanz und als Isolator der Nervenlemente.

Das Vorkommen der Kanäle in den Nervenzellen kann zuweilen beobachtet werden, dieselben gehören aber nicht zu den normalen Bestandtheilen der Nervenlemente.

In der *Medulla oblongata* habe ich ein paar Mal die Riesennervenzellen deutlich durch Blutgefässe perforirt gefunden. In den Öffnungen lagen mehrere Blutkörperchen.

Das verlängerte Mark, sowohl dem äusseren Baue als auch der inneren Structur nach, ist demselben Organ der höheren Wirbelthiere ähnlich. Die graue Substanz ist mehr entwickelt als im Rückenmarke; die vorderen und hinteren Hörner erinnern an die der höheren Wirbelthiere. Die Zahl der kleinen Nervenzellen, die selbständige Gruppen zwischen den grossen Nervenzellen bilden, hat zugenommen.

Die Hinterzellen kommen nicht allein im verlängerten Marke vor, sondern auch im Gehirn. Die Zahl der breiten Fasern nimmt ab.

Der Zusammenhang sowohl der grossen wie auch der kleinen Nervenzellen mit den Nervenwurzeln ist augenscheinlicher. Alle Nervenzellen stehen mit einander durch die Verzweigungen ihrer Fortsätze, die sehr feine Netze oder filzartiges Geflecht bilden, in Verbindung.

Wenn der Centralkanal sich geöffnet hat, so liegen die Nervenzellen unter dem Epithel und bilden eine fortlaufende Reihe, in der mehrere Gruppen von Nervenzellen festgestellt werden können. Diese Gruppen sind Ursprungskerne für verschiedene Nerven.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Eine bipolare Nervenzelle (Hinterzelle) aus dem Rückenmarke von der Seite gesehen mit einem Kern und Kernkörperchen. Der eine Fortsatz *b* ist breiter als der andere *a*.

Fig. 2. Eine grosse Nervenzelle aus dem vorderen Horne. Dieselbe ist von Gliafasern umgeben, die theils auf der Zelle aufliegen, theils über dieselbe hinweglaufen. Wenn die Fasern in Bündeln liegen, so erscheinen kanälchenartige Gebilde.

Fig. 3. Zeigt eine grosse Nervenzelle *a* aus dem vorderen Horne. In derselben liegt der Kern *b* mit einem Kernkörperchen. Von der Zelle gehen zwei Fortsätze *c* mit glatten Wandungen. Die Nervenzelle so wie die beiden Fortsätze sind von einem dichten Netz, aus Nervenverzweigungen und Gliafasern bestehend, ganz eingehüllt; *e* stellt ein Stück einer Nervenfaser dar, die sich vielfach theilt und mit Gliafasern ein Flechtwerk um die Zelle und ihre Fortsätze bildet; *f* ist eine Nervenzelle. Es gehen weder von der Oberfläche dieser Zelle, noch von den übrigen irgend welche Fortsätze. Die äussere Zellenwand ist ganz glattwandig.

Fig. 4. Ein Längsschnitt aus dem verlängerten Mark. *a* Centralkanal, *b* Fortsätze von Epithelialzellen des Kanals, die an dieser Stelle sich in Bündel zusammengethan haben. *c* Gliazellen, *d* Nervenzellen, die sich durch ihren langen und schmalen Körper auszeichnen. Die Fortsätze, die nach innen, zum Centralkanal gerichtet sind, sind abgeschnitten. Die äusseren Fortsätze werden durch Verästelungen feiner und feiner; *e* eine breite Nervenfaser; *f* ein Blutgefäss.

Fig. 5. Nervenzellen aus dem vorderen Horn des Rückenmarks. Ein Längsschnitt. *a* Nervenzelle; *b* Längsfaser der weissen Substanz; *c* eine Müller'sche Faser. Von einigen Zellen sind Fortsätze in die weisse Substanz zu verfolgen, von anderen in die graue. Von allen Zellen gehen Fortsätze quer durch das Mark.

Fig. 6. Ein Querschnitt durch das verlängerte Mark; *a* der Centralkanal. Die Punkte in der nächsten Nähe des Kanals und weiter von denselben kleine Nervenzellen; *b* vorderes

Horn; *c* hinteres Horn. In beiden sind sowohl die kleinen, wie die grossen Nervenzellen zu sehen; *d* eine breite Nervenfasern. Unterhalb des Centralkanal sind mehrere solche Müller'sche Fasern vorhanden; *e* ein Nervenbündel, das aus dem Marke austritt.

Fig. 7. *a* Grosse Nervenzelle aus dem vorderen Horne. *b* Ein Netz, das aus Glia- und Nervenfasern besteht. In der Nähe des Kernes ist dieses Glianervengeflecht bei Bereitung des Längsschnittes abgetragen. In dem Geflecht liegen zum Theil Stücke von Nervenzellen, zum Theil ihre Fortsätze. Ein Querschnitt durch das verlängerte Mark aus der Gegend, in welcher der Centralkanal sich erweitert hat und sich zu öffnen beginnt.

Fig. 8. *a* Hintere Stränge; *b* kleine Nervenzellen; *c* grosse Nervenzellen. Zwischen drei Gruppen grosser Nervenzellen, eine Gruppe von kleinen oder mittelgrossen Nervenzellen; *d* Müller'sche Fasern; *e* Nervenbündel.

Fig. 9. Ein Längsschnitt durch das Rückenmark. Die Nervenzellen liegen in querrer Richtung. Längs verlaufen die Längsfasern, von denen zwei eine beträchtliche Breite besitzen. In der Mitte des Präparates liegt eine Zelle, deren Fortsatz eine Längsfaser abgibt, während ein anderer quer zur Müller'schen Faser gerichtet ist.

Fig. 10. Auf diesem Längsschnitt sieht man Fortsätze von vier grossen Nervenzellen, die zu Längsfasern des Rückenmarks werden. Die Hauptfortsätze haben alle eine quere Richtung angenommen. Zwischen den grossen Nervenzellen und den oben liegenden Längsfasern bemerkt man einzelne kleine Nervenzellen.

Fig. 11. Ein Längsschnitt, der etwas weiter nach der hinteren Fläche des Rückenmarks geführt ist. Von den grossen Nervenzellen sind einige Reste nachgeblieben. Nur von einer grossen Nervenzelle geht ein Fortsatz zur Peripherie des Marks, indem er erst einen grossen Bogen beschreibt. An der Stelle der grossen Zellen sind viele kleine aufgetreten. Die Längsfasern, wie in der vorigen Figur sind mit Gliagewebe und Nervenverästelungen durchwebt.

Fig. 12. Dieser Längsschnitt ist hinter dem Centralkanal geführt. Die hier liegenden Zellen gehören zu bipolaren oder Hinterzellen. Sie liegen in dem Gliagewebe umgeben von Glia- und Nervenzellen.

Fig. 13. Eine Hälfte des Querschnittes durch das verlängerte Mark. Der vierte Ventrikel ist von Cylinderepithel bedeckt, von dem die Fortsätze weit in das Gewebe verfolgt werden können. *a* Hinterstränge. Nach oben und innen ist das Gewebe *b* schwamartig durchlöchert; nach unten liegen viele *c* mittelgrosse oder kleine Nervenzellen; *d* eine Riesenzelle, die sich ganz in das Epithel eingedrängt hat; *e* Nervenbündel, das aus dem Marke austritt; *f* eine Gruppe von grossen Nervenzellen; *g* mittelgrosse Nebenzellen; *h* der Raum, in welchem die von den Zellen abgehenden und nach oben verlaufenden Nervenfortsätze mit den Fortsätzen von Epithelzellen sich kreuzen und unter sich ein Netz zu bilden scheinen. Näher zur Rophe liegen zwei Öffnungen für die Müller'schen Fasern. Unterhalb der Nervenzellen, ausser querdurchschnittenen Längsfasern, zeigt die Zeichnung eine reichliche

Menge von quer verlaufenden Fasern. Alle Nervenzellen, kleine wie grosse, angefangen von der Spitze der Hinterstränge liefern Material zur Bildung dieser Faser.

Fig. 14. Auf diesem Längsschnitte ist die Zahl der grossen Zellen geringer geworden, dagegen treten zwischen denselben reichlicher kleine Nervenzellen auf. Unter den grossen Nervenzellen verdient unsere Aufmerksamkeit eine Zelle mit drei nach der anderen Seite des Präparates gerichteten Fortsätzen und eine andere, die fast unter einem rechten Winkel zu den übrigen Zellen gelagert ist.

Fig. 15. Ein Längsschnitt. Nach links liegt eine Zelle, die grosse Ähnlichkeit mit der auf Fig. 7 gegebenen Zelle hat. Beide nach innen sich erstreckende Fortsätze werden zu Längsfasern der weissen Substanz. Unten liegt eine Müller'sche Faser. Kleine Nervenzellen sind auch hier zwischen grossen zu sehen. Das Glianervengeflecht ist in der Umgebung einiger Nervenzellen, selbst bei dieser Vergrösserung zu erkennen.

Fig. 16. Links sind noch einige grosse Nervenzellen, rechts viele kleine Zellen. Von beiden Seiten der Nervencolonne sind Müller'sche Fasern zu sehen. Einige Nervenfasern haben halbschiefe Richtung. Das Glianervengerüst ist auf dieser Zeichnung noch deutlicher als auf der vorigen.

Die Figuren 1, 2, 6, 8, 13 sind nach Zeichnungen, alle übrigen nach Photographien ausgeführt.

Auf der Fig. 6 ist das Präparat ungefähr 100 Mal, auf Fig. 8 — 140 Mal, Fig. 13 — 300 Mal vergrössert. Die Fig. 4, 5, 9, 10, 11, 12, 14 und 15 bieten eine Vergrösserung von 350 — 750.

Die Zeichnungen und Photographien sind nach, mit Hämatoxylin gefärbten Präparaten ausgeführt. Die Photographien habe ich der Liebenswürdigkeit des Photographen des geologischen Comité Herrn R. Koch zu verdanken, dem ich dafür öffentlich meinen Dank ausspreche.

Litteratur.

1836. Robert Remak. Vorläufige Mittheilungen mikroskopischer Beobachtungen über den inneren Bau der Cerebrospinalnerven und über die Entwicklung ihrer Formelemente. Müller's Archiv f. Anat. und Phys.
1854. Ph. Owsjannikow. Disquisitiones microscopicae de medulla spinalis textura imprimis in piscibus factitatae. Dorpat.
- E. Reissner. Beiträge zur Kenntniss vom Bau des Rückenmarks von *Petromyzon fluviatilis*. Arch. f. Anatomie, Phys. und wissenschaft. Med.
1861. Ph. Owsjannikow. Recherches sur la structure intime du système nerveux des Crustacées. Annal. des sciences nat.
1864. Ph. Owsjannikow. Über das Gehörorgan von *Petromyzon fluviatilis*. Mém. de l'Acad. Imp. des scienc. de St-Petersbourg. VII Sér., T. VIII, № 7.
1875. Wl. Weliky. Über den Bau des Rückenmarks des Neunauges. Arbeiten der Kaiserlichen St. Petersburger Naturforschergesellschaft. Bd. VI (russisch).
1879. Sigm. Freud. Über Spinalganglien und Rückenmark des *Petromyzon*. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissenschaften. Bd. LXXVIII, Hf. 1, 5. Wien.
1882. Freud. Über den Bau der Nervenfasern und Nervenzellen beim Flusskrebs. Sitzungsber. der Math. Naturw. Classe d. Kaiserlichen Akad. d. Wissenschaften. Bd. LXXXV, Abth. III. Wien.
1884. F. Ahlborn. Über den Ursprung und Austritt der Hirnnerven von *Petromyzon*. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie. Bd. 40, Hf. 2.
1887. Fridtjof Nansen. The structure and Combination of the Histological Elements of the Central Nervous System. Bergens Museum. Bergen.
1888. Dr. R. Wiedersheim. Grundriss der vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere.
- 1890/91. Dr. Aug. Forel unter Mitwirkung von Dr. Mayser und Dr. G. Ganser. Über das Verhältniss der Experimenteller Atrophie und Degenerationsmethode. Zur Anatomie und Histologie des Centralnervensystems. Ursprung des IX, X, XII Hirnnerven. Mit einer Tafel.
- Festschrift z. Feier d. 50 j. Doctor-Jubiläums Prof. Dr. W. von Nägeli und Prof. A. von Kölliker.

- Ph. Owsjannikow. Zur Structur der Nervenfasern. Mélanges biologiques. T. XIII, livr. 1.
1891. A. Kölliker. Handbuch der Gewebelehre des Menschen, 6-te Auflage. Bd. 2, Hf. 1.
Dr. G. Retzius. Biologische Untersuchungen. Neue Folge II und folgende. Stockholm.
1895. M. von Lenhossék. Der feinere Bau des Nervensystems im Lichte neuester Forschungen. Leipzig.
1896. Semi-Meyer. Über eine Verbindungsweise der Neuronen. Nebst Mittheilungen über die Technik und die Erfolge der Methode der subcutanen Methylenblau-injection. Arch. f. Mikrosk. An. Bd. 47.
A. S. Dogiel. Die Nerven-elemente im Kleinhirn der Vögel und Säugethiere. Ibid. Bd. 47.
1897. Hans Held. Beiträge zur Structur der Nervenzellen und ihrer Fortsätze. (Zweite und dritte Abhandlung). Arch. f. Anatomie und Entwicklungsgeschichte.
A. van Gehuchten. L'Anatomie fine de la cellule nerveuse. La Cellule. T. XIII.
Van Gehuchten. Contribution à l'étude des cellules dorsales (Hinterzellen) dans la moëlle épinière de la Salamandre. Bulletin de l'Acad. royale de Belgique. 1897.
1898. Heymans et van Stricht. Sur le système nerveux de l'*Amphioxus* et en particulier sur la constitution et la genèse des racines sensibles. Mémoires couronnés et mémoires des savants étrangers publiés par l'Académie des sciences de Belgique.
1899. W. von Bechterew. Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark. Leipzig.
W. Rudicka. Untersuchungen über die feinere Structur der Nervenzellen und ihrer Fortsätze. Arch. f. Mikrosk. Anatomie und Entwicklung. Bd. 53.
Dr. E. Holmgren. Zur Kenntniss der Spinalganglienzellen des Kaninchens und des Frosches. Anat. Anz., Bd. XVI, № 7.
Weitere Mittheilungen über die Saftkanälchen. Anat. Anz., № 11, 12.
Weitere Mittheilungen über den Bau der Nervenzellen, Anat. Anz., № 15, 16.
Ph. Owsjannikow. Über die Nerven-elemente und das Nervensystem des Flusskrebsses. Mém. de l'Acad. Imp. des sciences de St-Pétersbourg. VIII-ième Série, Vol. X, № 2.
1900. Dr. F. K. Studnicka. Beiträge zur Kenntniss der Ganglienzellen. Sitzungsber. d. k. Böhmischen Gesellschaft d. Wissensch. math. naturw. Classe. 1900. Prag. 1901.
Studnicka. Über das Vorkommen von Kanälchen und Alveolen am Körper der Ganglienzellen und in dem Axencylinder einiger Nervenfasern der Wirbelthiere. Anat. Anz. XVI.



Fig. 1.

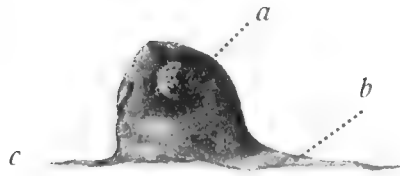


Fig. 2.

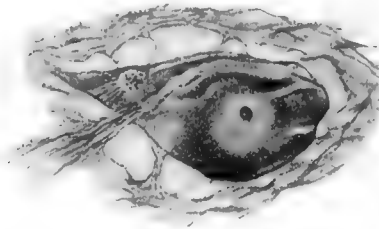


Fig. 6.

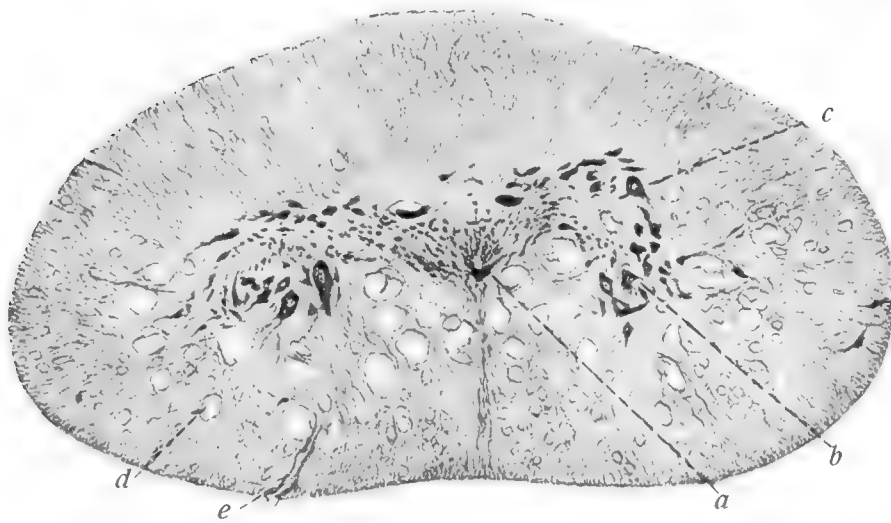


Fig. 8.

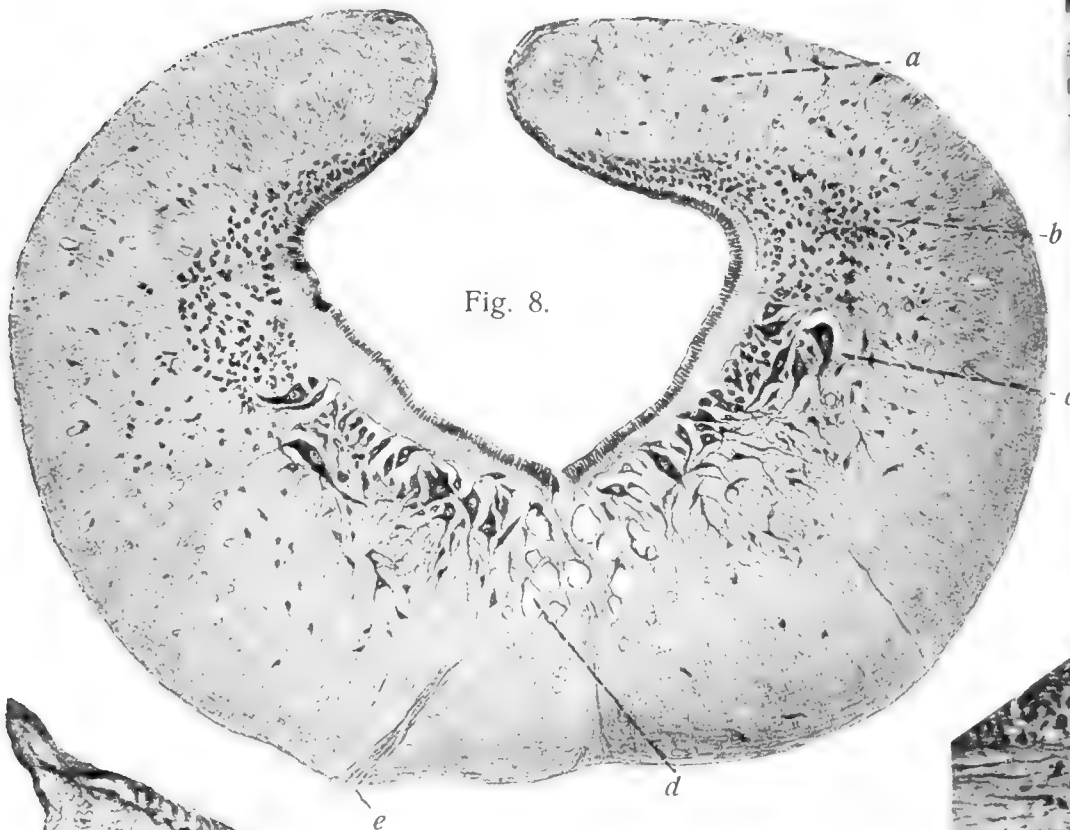


Fig. 13.

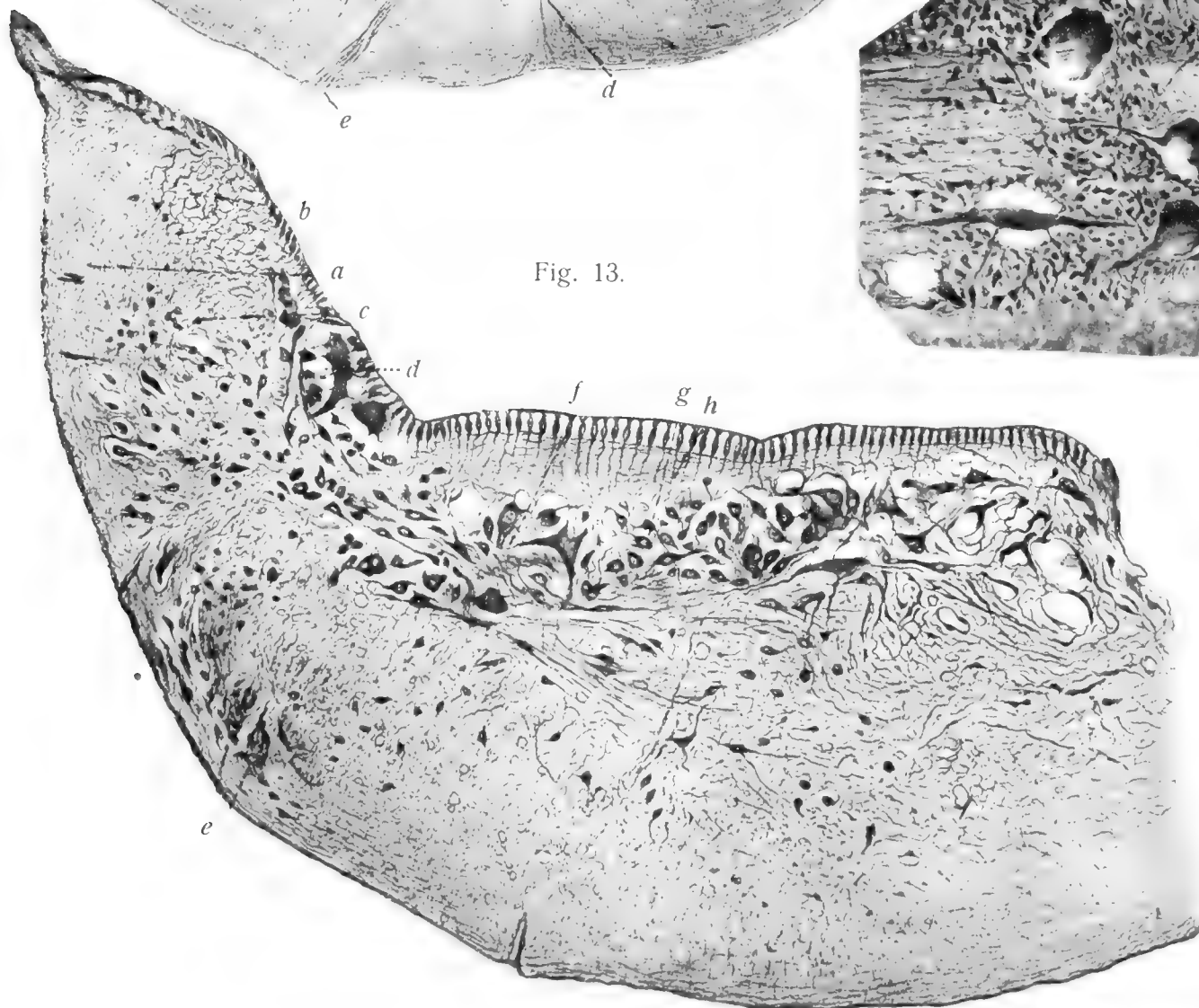


Fig. 3.

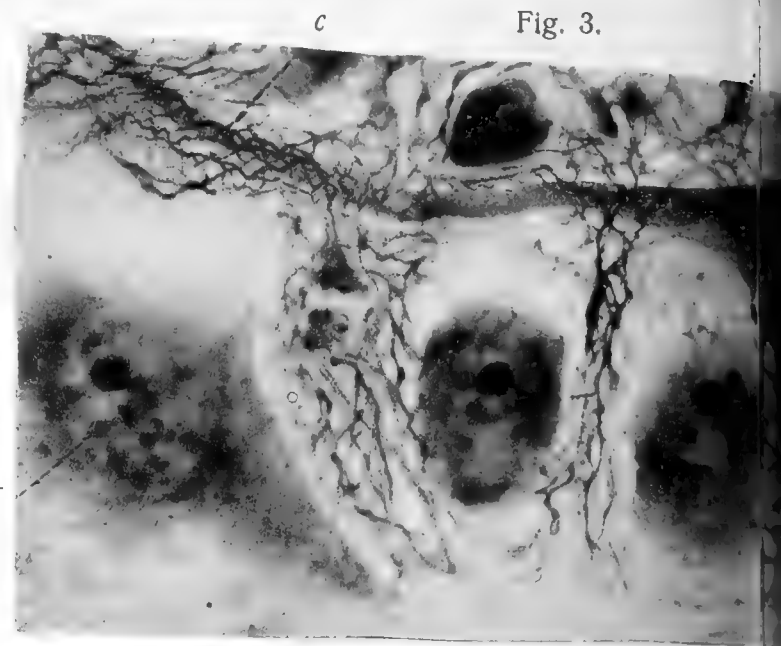


Fig. 7.



Fig. 9.



Fig. 12.

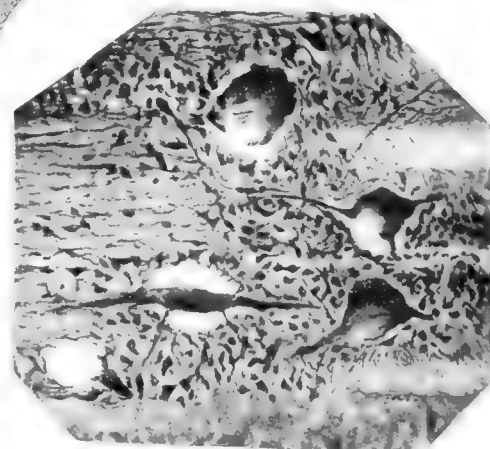


Fig. 14.





Fig. 4.

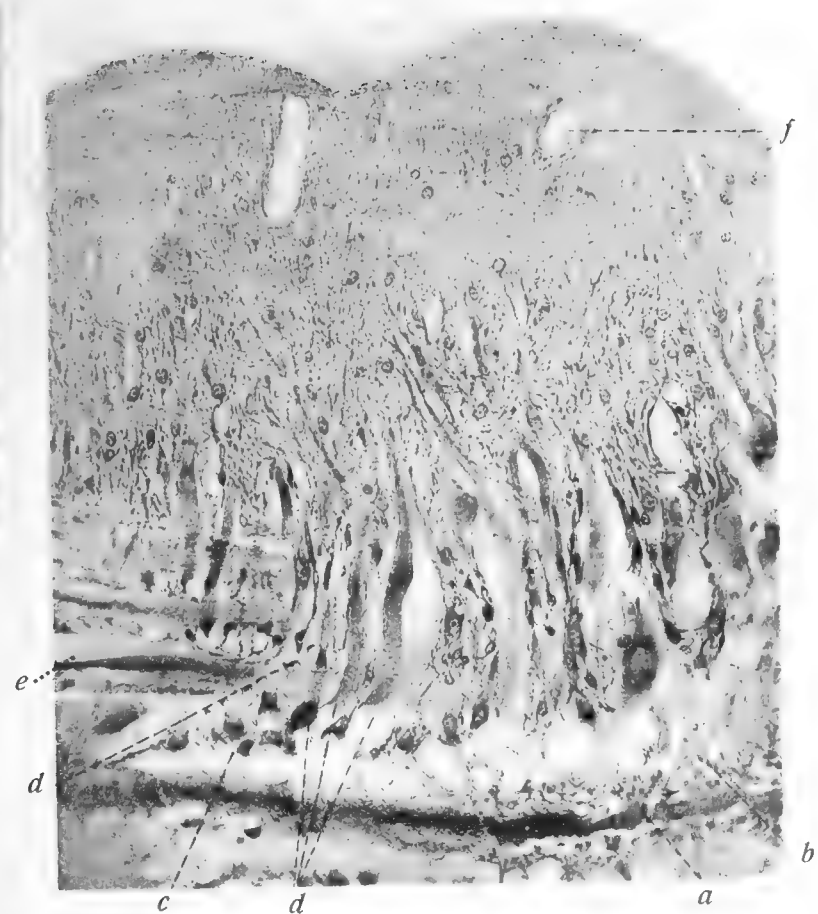


Fig. 5.

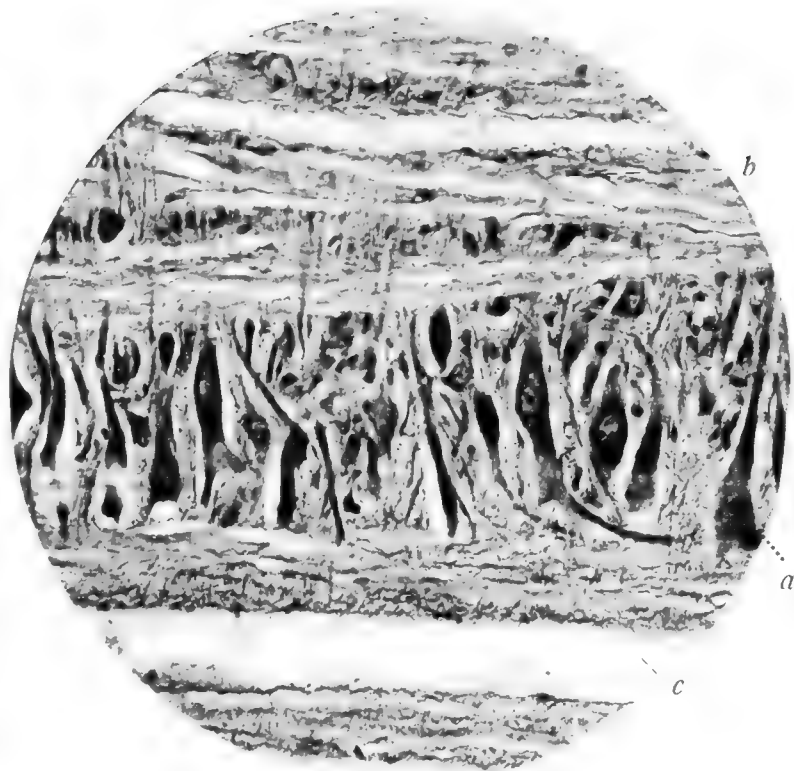


Fig. 10.

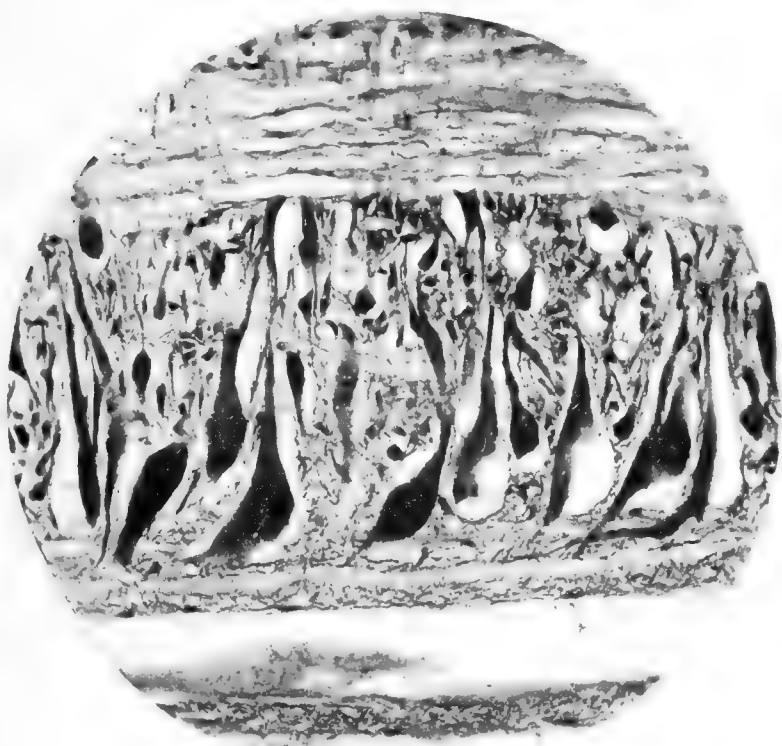


Fig. 11.

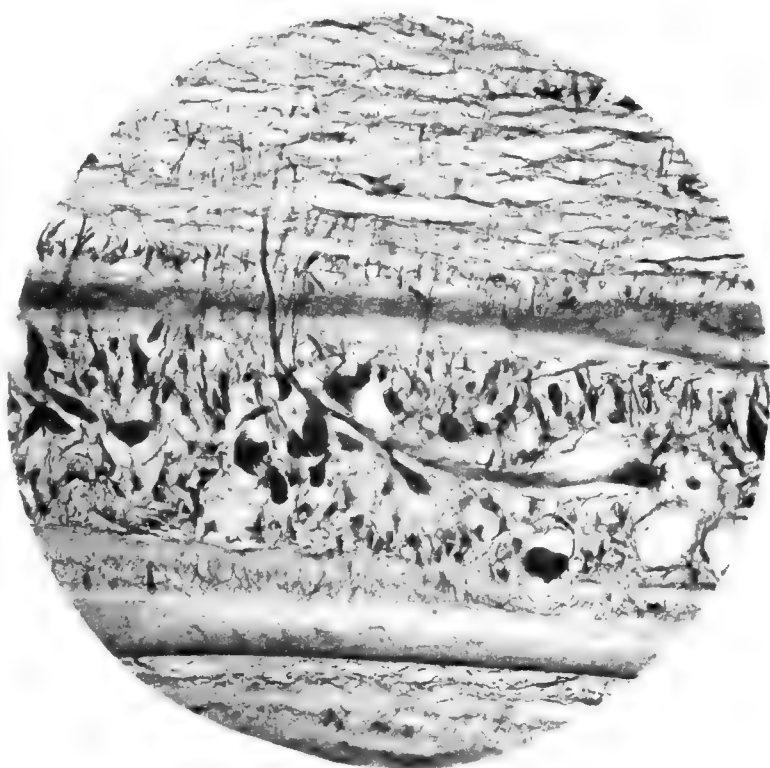


Fig. 15.

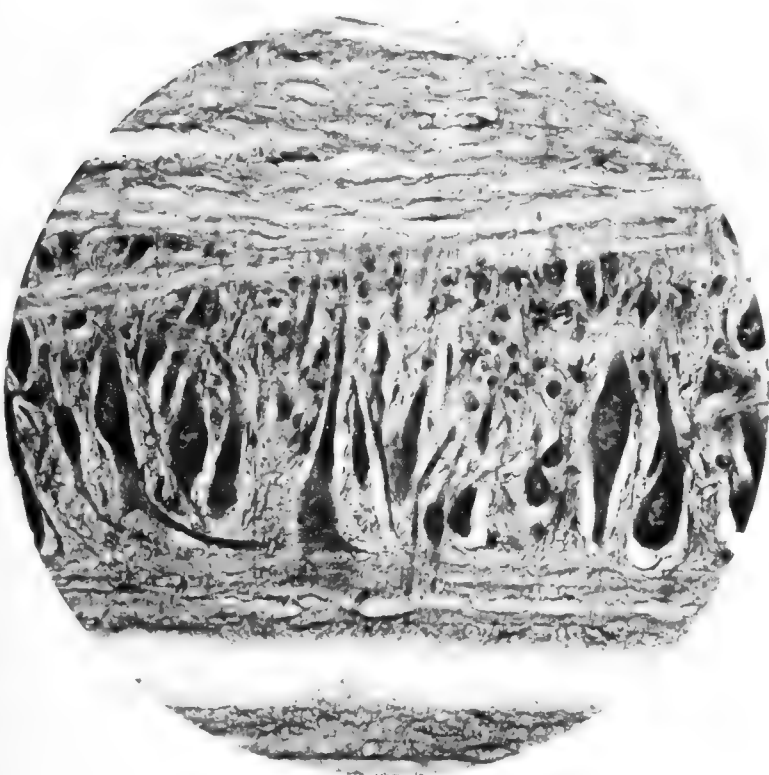
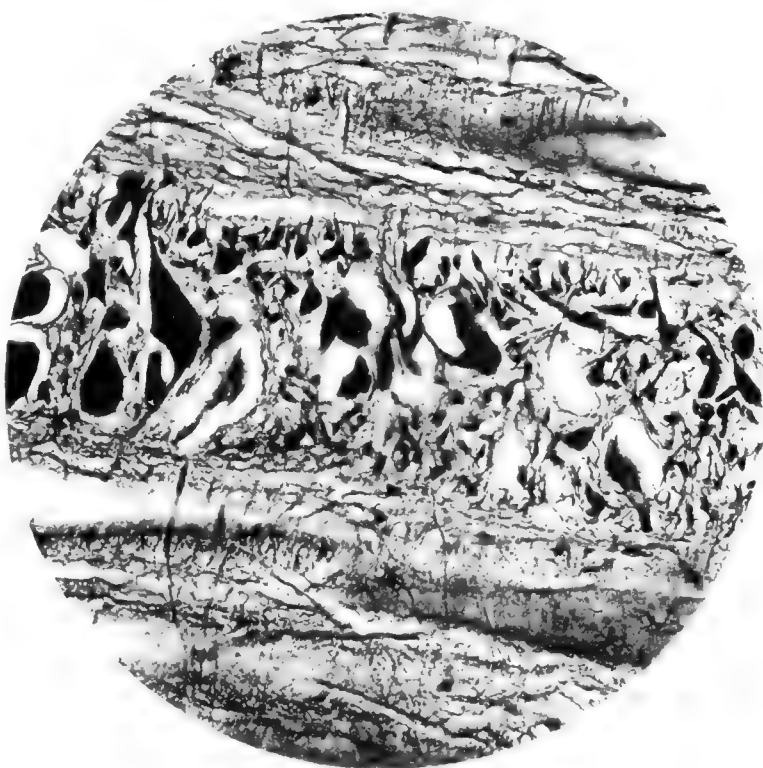


Fig. 16.





ЗАПИСКИ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.
MÉMOIRES
 DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG.
VIII^e SÉRIE.

ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОТДѢЛЕНІЮ.

CLASSE PHYSICO-MATHÉMATIQUE.

Томъ XIV. № 5.

Volume XIV. № 5.

OBSERVATIONS SUR L'AUREORE BORÉALE EFFECTUÉES PENDANT L'HIVERNAGE
 1899/1900 DE L'EXPÉDITION RUSSE A KONSTANTINOVKA, SPITZBERG.

II.

OBSERVATIONS DIRECTES ET PHOTOGRAPHIES

DES

AURORES BORÉALES.

PAR

J. Sykora.

AVEC 7 PLANCHES PHOTOTYPIQUES.

(Présenté le 16 janvier 1902.)

4.

C.-ПЕТЕРБУРГЪ. 1903. ST.-PÉTERSBOURG.

Продается у комиссіонеровъ Императорской
 Академіи Наукъ:

Н. И. Глазунова, М. Эггерса и Комп. и К. Л. Риккера
 въ С.-Петербургѣ,
 Н. П. Карбасникова въ С.-Петербурб., Москвѣ, Варшавѣ
 и Вильнѣ,
 Н. Я. Оглоблина въ С.-Петербургѣ и Кіевѣ,
 М. В. Ключкина въ Москвѣ,
 Е. П. Распопова въ Одессѣ,
 Н. Киммеля въ Ригѣ,
 Фоссъ (Г. Гэссель) въ Лейпцигѣ,
 Люзакъ и Комп. въ Лондонѣ.

Commissionnaires de l'Académie IMPÉRIALE des
 Sciences:

J. Glasounof, M. Eggers & Cie. et C. Ricker à St.-Peters-
 bourg,
 N. Karbasnikof à St.-Petersbourg, Moscou, Varsovie et
 Vilna,
 N. Oglobline à St.-Petersbourg et Kief,
 M. Klukine à Moscou,
 E. Raspopof à Odessa,
 N. Kymmel à Riga,
 Voss' Sortiment (G. Haessel) à Leipsic,
 Luzac & Cie. à Londres.

Цѣна: 1 р. 60 к. — Prix: 4 Mk.

ЗАПИСКИ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.
MÉMOIRES
DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG.
VIII^e SÉRIE.

ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОТДѢЛЕНІЮ.

Томъ XIV. № 5.

CLASSE PHYSICO-MATHÉMATIQUE.

Volume XIV. № 5.

OBSERVATIONS SUR L'AURORE BORÉALE EFFECTUÉES PENDANT L'HIVERNAGE
1899/1900 DE L'EXPÉDITION RUSSE A KONSTANTINOVKA, SPITZBERG.

II.

OBSERVATIONS DIRECTES ET PHOTOGRAPHIES
DES
AURORES BORÉALES.

PAR

J. Sykora.

AVEC 7 PLANCHES PHOTOTYPIQUES.

(Présenté le 16 janvier 1902.)

С.-ПЕТЕРБУРГЪ. 1903. ST.-PÉTERSBOURG.

Продается у комиссіонеровъ Императорской
Академіи Наукъ:

Н. И. Глазунова, М. Эггера и Комп. и К. Л. Риккера
въ С.-Петербургѣ,
Н. П. Карбасникова въ С.-Петерб., Москвѣ, Варшавѣ
и Вильнѣ,
Н. Я. Оглоблина въ С.-Петербургѣ и Кіевѣ,
М. В. Ключина въ Москвѣ,
Е. П. Распопова въ Одессѣ,
Н. Киммеля въ Ригѣ,
Фоссъ (Г. Гэссель) въ Лейпцигѣ,
Люзакъ и Комп. въ Лондонѣ.

Commissionnaires de l'Académie IMPÉRIALE des
Sciences:

J. Glasounof, M. Eggers & Cie. et C. Ricker à St.-Péters-
bourg,
N. Karbasnikof à St.-Pétersbourg, Moscou, Varsovie et
Vilna,
N. Oglobline à St.-Pétersbourg et Kief,
M. Klukine à Moscou,
E. Raspopof à Odessa,
N. Kymmel à Riga,
Voss' Sortiment (G. Haessel) à Leipsic,
Luzac & Cie. à Londres.

Цена: 1 р. 60 к. — Prix: 4 Mk.

Напечатано по распоряженію Императорской Академіи Наукъ.

С.-Петербургъ, Октябрь 1903 г.

Непремѣнный Секретарь, Академикъ *Н. Дубровинъ*.

Типографія Императорской Академіи Наукъ. (Вас. Остр., 9 лин., № 12).

Observations directes et photographies des aurores boréales.

Les observations sur les aurores boréales comptaient parmi celles que la section russe de l'expédition russo-suédoise pour la mesure de l'arc du méridien au Spitzberg se proposait d'y faire pendant son hivernage. Les observations devaient comprendre l'enregistrement et la description des aurores à des intervalles de temps réguliers ou bien, suivant les apparitions du phénomène, la photographie des aurores et de leur spectre, le tracé de leurs formes et des limites de leur extension sur les cartes astronomiques. Ayant déjà exposé les résultats obtenus par la photographie du spectre des aurores dans les Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences de St.-Petersbourg, T. XI, № 9, je me bornerai à quelques mots sur les observations directes et sur la photographie des aurores et à la reproduction phototypique de quelques aurores suivis du catalogue des aurores que j'ai observées. Ayant été chargé de photographier les aurores elles-mêmes et leur spectre, je notais à chaque apparition du phénomène tous les faits qui se présentaient à mes yeux. Ce sont ces notices qui ont composé le catalogue ci-joint. Les observations contenues dans ce catalogue constitueront avec celles de M. A. Beyer, qui dirigeait les observations magnétiques et météorologiques au Hornsund, et avec les observations faites d'heure en heure par les observateurs-météorologistes la liste complète des aurores notées à notre station polaire. Comme ce n'est que d'après cette liste complète qu'on pourra donner la statistique réelle des aurores, je renonce pour le moment à toutes déductions de ce genre. Le catalogue ci-joint fait mention de plus de 1100 aurores observées pendant la période de 103 jours du 17 Sept. 1899 au 27 Mars 1900; en comparaison avec le nombre complet des aurores observées à notre station, il n'y manque généralement que les aurores, peu nombreuses et très faibles du reste, qui apparaissaient après minuit. En notant les aurores je dessinaï en même temps leur forme; quelques-uns de ces dessins sont reproduits dans le catalogue. Dans l'évaluation de l'intensité

d'éclat des aurores je me suis servi de 5 grades, où le chiffre 1 signifiait le plus haut degré d'éclat, 2—l'éclat intense, 3—l'éclat moyen, 4—l'éclat faible, 5—une lueur à peine apercevable.

Les observations ont été faites à la station d'hivernage, installée sur la côte occidentale du Spitzberg au Hornsund, ou plutôt au bord de Goes-Bay, une des baies du Hornsund, à $76^{\circ}56',4$ environ de latitude N et $1^{\circ}3',8$ de longitude E. de Greenwich. Comme mes observations m'ont convaincu que les conditions locales jouent un rôle plus ou moins important dans la formation des aurores, il sera peut être utile de donner une esquisse générale des environs de la station d'hivernage. Les bâtisses appartenant à la station sont installées au pied du mont Tchébychef, situé à peu près à l'est. Le point le plus élevé de la montagne est haut de 900 mètres environ; de la station il est visible sous un angle de 19° près. Plus loin à l'est, parallèlement au mont Tchébychef, s'étend la chaîne du Hornsundtind. Entre ces hauteurs se trouve un glacier qui descend jusque dans la mer à la profondeur du Hornsund. Au delà des monts Hornsundtind on voit des glaciers et des chaînes des montagnes. Au sud-ouest de la station s'étend la chaîne Savitch; son pic le plus élevé, haut de 400 mètres environ, est visible de la station sous un angle d'environ 9° . Au-delà, séparées par une plaine couverte de glace, vont les montagnes de la côte. Au sud se trouve un grand glacier formé par plusieurs glaciers descendant du mont Tchébychef, des hauteurs au sud et du mont Savitch; le glacier n'atteint par la mer. Au nord, sur la rive opposée du Hornsund, s'étendent dans la direction du N au S les chaînes des montagnes entre lesquelles on voit des glaciers dont quelques-uns descendent jusque dans la mer (Voir la planche I, les vues photographiques du mont Tchébychef avec le glacier méridional et du mont Savitch avec le débouché du Hornsund dans la mer).

Quelle est l'influence que les conditions locales exercent sur la formation des aurores boréales? C'est là une question impossible à résoudre tant que l'on ne connaît ni la nature des aurores ni les causes qui les produisent. Tout ce qu'on peut constater à ce moment c'est qu'au delà des montagnes à l'est et au sud-ouest on voyait des foyers pour ainsi dire, où les aurores paraissaient prendre naissance. C'était toujours de derrière ces montagnes que les rayons de lumière jaillissaient, les draperies se développaient, les langues de feu se lançaient et montaient peu à peu au zénith pour descendre ensuite derrière la montagne opposée. Aussitôt que les foyers ont été ainsi reliés, on voyait commencer un mouvement rapide de la lumière, semblable à la circulation de la masse lumineuse, tantôt dans une direction, tantôt dans une autre. On avait l'impression de voir couler la matière lumineuse à travers un tube transparent et élastique, passant derrière les montagnes d'une hauteur à l'autre et se serpentant, comme par suite de la pression inégale, qui produisait le mouvement saccadé de la matière de l'aurore. Ce genre d'aurores qui ont été assez fréquentes semble être caractéristique pour les conditions locales de Konstantinovka.

D'après le catalogue ci-dessous les aurores peuvent être divisées en catégories suivantes :

Arcs. Aurores en forme d'arcs réguliers. Ces arcs apparaissaient surtout au sud; au nord et à l'ouest on les voyait très rarement. On ne remarquait aucune relation entre les hauteurs auxquelles les arcs se tenaient et la courbure des arcs qui a été très différente: on en observait de presque droits, tandis que d'autres encadraient la partie visible de l'horizon en demi-cercle. Leur structure était tantôt rayée ou rayonnée, tantôt diffuse.

Bandes. Aurore en forme de rubans. Ces bandes étaient fréquemment irrégulières avec de fortes dilatations par-ci par-là, parfois sinueuses ou tordues. Elles allaient le plus souvent de l'W. à l'E. ou bien, sortant de derrière une montagne, s'étendaient au-delà de la montagne opposée. Souvent les langues de feu ou les bouts de bandes apparaissaient de par delà une montagne à l'E. ou à l'W., montaient au zénith, se lançaient au delà de la montagne située vis-à-vis et alors la matière lumineuse commençait à circuler. La structure des bandes était, comme celle des arcs, rayée, rayonnée ou diffuse.

Tourbillons. Pendant la circulation de la matière lumineuse, et parfois indépendamment de ce phénomène, la masse lumineuse recevait près du zénith un mouvement rotatoire en spirale et on apercevait les tourbillons qui s'y formaient.

Draperies. Les aurores de ce type ont été observées sur toutes les parties du ciel. Les draperies se développaient souvent de derrière les montagnes à l'E. et au SW. Les draperies flottantes étaient d'une beauté toute particulière, surtout lorsque les plis convexes se suivaient rapidement de plis concaves et le mouvement se communiquait promptement à l'aurore d'une extrémité à l'autre. Les aurores en draperies formées de petites colonnes lumineuses isolées se faisaient remarquer par leur aspect extraordinaire.

Couronnes. Aurores en pinceau de rayons minces et séparés, qui se déployaient en partant d'un même point. Dans la plupart des cas le centre des couronnes s'écartait du zénith un peu vers le sud. Les couronnes n'atteignaient que très rarement le nord. Pendant ces aurores, le ciel semblait être couvert d'un abatjour en matière souple, tendre et rayonnée.

Rayons et colonnes. Ces aurores jaillissaient presque toujours sous forme de faisceau de rayons ou de lumière de derrière les montagnes à l'E. et au SW. D'un caractère tout particulier étaient les aurores offrant l'aspect de rayons parallèles courts et minces qui se lançaient de derrière les sommets des montagnes. Les colonnes ou rayons cylindriques, ont été observés principalement sur l'hémisphère nord.

Nuages et plaques. Aurores offrant l'aspect de nuages qui s'enflammaient et s'éteignaient subitement ou apparaissaient sous forme des nuages ordinaires. Les plaques sont des nuages nébuleuses de couleur grisâtre.

Lueur diffuse. Ces aurores présentent une lumière vague et faible. Elles apparaissaient prin-

ciipalement au S. On en observait aussi au-dessus des sommets des montagnes et parfois à d'autres endroits.

Après les aurores de grande intensité ou d'une lumière dont les mouvements étaient rapides, de même que pendant les fortes tempêtes, le ciel se couvrait d'aurore d'un gris-sale embrouillé. Ces aurores ne peuvent être classées dans aucune des catégories précédentes. Cependant, leur formation caractéristique mérite d'attirer l'attention d'observateurs.

Le type qu'on a observé le plus souvent était en premier lieu celui des arcs, et puis celui des bandes et des rayons. Les draperies et les couronnes étaient beaucoup moins fréquentes.

En Novembre les aurores ont été les plus fréquentes et après le nouvel an leur nombre et leur intensité diminuaient rapidement. Les observations contenues dans le catalogue ci-joint, surtout celles qui sont groupées par pintades, semblent indiquer, quant au nombre des aurores, une certaine périodicité d'un mois près. Le maximum des aurores, tant pour le nombre que pour l'intensité, tombe sur la fin de Novembre et le commencement de Décembre: du 29 Novembre au 3 Décembre, on en comptait plus de 200 (la cinquième partie environ de toutes les aurores observées). Ensuite, un minimum caractérisé par l'absence presque totale d'aurores au sud, où jusque là elles étaient les plus fréquents s'était établi subitement. Après minuit, les aurores ont été peu nombreuses et d'un éclat faible. Le jour, jusqu'à midi, elles n'ont été que très rarement observées. On les voyait surtout entre 4 et 11 heures du soir (heure de Greenwich, adoptée à Spitzberg pour les observations météorologiques).

La lumière des aurores était considérablement inférieure à celle de la couronne solaire et son intensité a été si faible qu'elle ne pouvait être mesurée avec le photomètre de la station. Cependant, quand les aurores s'étendaient sur une très grande partie du ciel, la lueur produite par l'aurore égalait à peu près celle de la lune à sa petite phase.

En ce qui concerne la couleur des aurores, elle ne se laisse guère déterminer d'une manière précise; on peut dire seulement qu'elle semblait être d'une telle ou telle nuance (jaunâtre, d'après la plupart des observateurs). Mais en général ces nuances sont si peu prononcées que dans la plupart des cas leur détermination dépend de l'impression personnelle de l'observateur. Je n'ai donc indiqué dans le catalogue la couleur des aurores que lorsqu'elle était bien prononcée pour qu'on puisse la définir sans erreur. Les aurores colorées étaient d'ailleurs peu nombreuses, mais elle se distinguaient par leur beauté. Pour mieux attirer l'attention sur ces aurores je citerai les extraits correspondant du catalogue :

- | | |
|---|--|
| 26 IX. 9 ^h 8. | Faisceau de rayons sortant de derrière les nuages à l'E., au-dessus de la lune. Couleur verte intense. Eclat 2. Durée < 1 ^m . |
| 27 IX. 8 ^h 1 - 8 ^h 4. | Draperies, bandes et tourbillons de différentes couleurs près du zénith. Le bord tranché a été rouge ou rose tandis que le diffus a été vert et le milieu de l'aurore — violet. Le mouvement des tourbillons et le changement des couleurs étaient très rapides. |

- 23 X. 6^h8 - 7^h0. Arc apparaissant près de l'horizon. Eclat 1. Draperie large au-dessus de l'arc. Eclat 1—2. L'arc et la draperie sont rouges aux bords inférieurs plus tranchés et verts aux bords supérieurs diffus. Un mouvement de l'W. à l'E. de la masse lumineuse à l'éclat changeant se manifeste dans la draperie.
- 9^h4. Draperie et arc de nuances rouges et vertes au S., pareilles à celles qui avaient été observées à 6^h8—7^h0. Eclat 2.
- 24 X. 7^h3. Une bande s'élance de derrière le mont Tchébychef vers le mont Savitch. La masse lumineuse s'y meut très rapidement. Le bord plus tranché est rouge, le bord diffus est vert. Eclat 2.
- 7 XI. 7^h8. Tourbillons à nuances roses et vertes au zénith. Eclat 2.
- 12 XI. 5^h5 - 7^h0. Aurores vives apparaissent de temps en temps. Eclat 1, 2 et 3. Le point de départ des aurores est derrière le mont Tchébychef: de là s'échappent les rayons et les bandes; les draperies déroulent de derrière la montagne. Quelques aurores sont d'un vert vif, les autres tricolores: les contours tranchés rouges, les contours diffus verts et le milieu violets.
- 23 XI. 4^h0. Tourbillons dans le voisinage du zénith. De l'E. à l'W. s'étend une bande passant au S. tout près du zénith. Eclat 2. La bande et les tourbillons ont des nuances différentes, les contours tranchés étant rouges, les contours diffus verts.
- 29 XI. 9^h5 - 10^h0. Circulation à travers le zénith de la masse lumineuse tantôt de derrière le mont Tchébychef jusqu'au delà du mont Savitch, tantôt vice versa. Tourbillons au zénith. On voit des nuances rouges et vertes. Eclat 2.
- 30 XI. 2^h0. Deux bandes serpentées se lancent de derrière le mont Tchébychef jusqu'au-delà du mont Savitch en passant par le zénith. Les bandes, par lesquelles circule la masse lumineuse, sont tricolores, les contours tranchés étant rouges, les contours diffus verts et le milieu violet. Eclat 2.
- 9^h7. Bande — serpentée s'étend de l'W. à l'E. Tourbillons au zénith se déplaçant vers l'E. Le contour extérieur tranché est rose, le violet se range à côté, le vert le suit. Eclat 2.
- 1 XII. 9^h3. Bande en spirale se meut dans la direction du déroulement au NE.; le bord plus tranché est rougeâtre, tandis que l'autre bord est vert. Eclat 2.
- 2 XII. 6^h8. Bandes — serpents traversent en se tortillant le zénith de l'E. à l'W. Les masses lumineuses coulent tantôt du mont Tchébychef au-delà du mont Savitch, tantôt dans la direction opposée. Parfois, les serpents se tortillent très rapidement, et forment au zénith des tourbillons. Le

- contour plus tranché est d'un rouge cramoisi foncé, tandis que le contour diffus est d'un vert jaunâtre. Eclat 1, 2.
- 7^h0. Bandes-serpents s'échappent au sud de derrière le pied du mont Tchébychef. Quelques bandes s'étendent jusqu'au-delà du mont Savitch. La masse lumineuse aux contours: tranché rouge cramoisi foncé et diffus vert, coule très rapidement de derrière le mont Tchébychef. Eclat 1.
- 3 XII. 7^h0. Deux bandes-serpents vont se tortillant de l'W. à l'E. et traversent le zénith; dans l'une de ces bandes la masse lumineuse d'un rouge cramoisi foncé coule de derrière le mont Tchébychef jusqu'au-delà du mont Savitch; la masse lumineuse verte de l'autre bande, coule dans la direction opposée. Eclat 2.
- 2 I. 9^h5. Masse lumineuse en langues de feu à nuances roses coule du mont Tchébychef jusqu'au-delà du mont Savitch. Eclat 2.
- 26 I. 6^h8. Aurore à couleur très éclatante. Large bande dont le bord nord tranché est rose, le bord diffus vert, le milieu violet s'étend de l'E. à l'WSW. Elle s'abaisse vers l'horizon sud. Eclat 1, 2. Parfois il se forme des tourbillons au zénith. Eclat 2.
- 28 I. 8^h1. Draperie large formée de rayons tranchés, avec une bordure, au S. Dans la bordure, la masse lumineuse à nuances roses et vertes coule d'un côté à l'autre. Le contour inférieur plus net de la bordure est rose, le supérieur est vert. Eclat 2.
- 2 II. 8^h0. Draperie rouges et vertes au S. Parfois, on aperçoit dans la draperie un mouvement très rapide de l'E. à l'W. D'abord s'avance le rouge, le vert jaunâtre le suit; à chaque moment d'arrêt le contour inférieur devient tranché et rouge, le contour supérieur—diffus et vert. Eclat 2.
- 20 II. 7^h6. Couronne typique avec bordure à nuances roses et vertes. Eclat 2.
- 21 II. 6^h4. Arc à nuances rouges au S. Dans la partie inférieure de l'arc la masse lumineuse coule tantôt à gauche, tantôt à droite. Eclat 1—2.
- 6 III. 8^h0. Draperie s'élevant de derrière le pied du mont Tchébychef au SSE. Le bord inférieur de la draperie est rose. Eclat. 2.
- 8^h0- 9^h3. Bandes se dirigeant de l'W. à l'E. au delà du mont Tchébychef. Elles sont roses (bord tranché) violettes et vertes (bord diffus). La masse lumineuse de la bande coule de l'W. à l'E. Eclat 2.

Les couleurs ont été disposées toujours de la même manière dans toutes les aurores observées: les bords nettement tranchés ont été rouges ou rougâtres (roses), tandis que les bords diffus offraient l'aspect d'une teinte verte. En outre, les aurores du 2 et 3 décembre se faisaient remarquer par leur couleur extraordinaire d'un rouge cramoisi foncé. Le mouvement

de la lumière, qui semblait être la circulation de la masse lumineuse, a été observé non seulement dans les aurores colorées, mais aussi dans les aurores ordinaires, et ce qui a été particulièrement intéressant, c'est que l'éclat des aurores augmentait avec la vitesse du mouvement de la masse lumineuse. En observant ce phénomène, les expériences de Tesla sur la lumière de l'air raréfié dans un tube anélectrogène (sans électrodes ordinaires) se pressaient à la mémoire. On sait que le gaz raréfié renfermé dans un tel tube ne luit pas du tout, quand le tube est en état de tranquillité, et que, lorsque il est mis en mouvement, le gaz commence à luire dans certaines positions du tube par rapport à la ligne des décharges qui développent le champ électro-magnétique, avec une intensité d'autant plus grande que le mouvement appliqué au tube est plus fort.

Les photographies des aurores obtenues en dehors des observations directes ont été faites avec un appareil à mouvement de rotation autour de l'axe vertical et de l'axe horizontal, ce qui permettait de viser tout point voulu du ciel (voir planche II, construction de l'appareil photographique). L'objectif était de Planar-Zeiss, dont la force lumineuse est de $\frac{1}{3.6}$ et la distance focale de 110 mm. Chaque centimètre du champ photographié correspondait à 5° environ de la grandeur angulaire du phénomène observé. Les photographies ci-jointes sont reproduites dans les dimensions des négatifs originaux. Les aurores étant mobiles, on a cru nécessaire d'avoir recours à la photographie instantanée; cependant, la lumière répandue par les aurores était trop faible, on n'a donc photographié que les aurores assez immobiles et gardant leur forme et cela avec pose. En général, on dirigeait l'appareil sur chaque aurore qui apparaissait assez intense et constante. Proprement dit, toutes les images obtenues sont composées et représentent chacune une série de formes d'une aurore qui ne se déplaçait presque pas. Parmi les plaques dont on avait fait provision, les meilleures et les plus sensibles ont été celles de la fabrique russe de Warnerke, préparées sur commande spéciale.

Le spectre des aurores était pris sur des plaques orthochromatiques. Sur les mêmes plaques, orthochromatisées à la station, ont été photographiées quelques-unes des aurores mêmes. Les négatifs obtenus étaient fortement voilés mais riches en détails, grâce à la sensibilité extrême due à l'orthochromatisation des plaques. Le bain de teinture qui fournissait les meilleurs résultats était composé de:

l'eau	300 cm. ³ .
l'erythrosine, solut. 0.1%	100 cm. ³ .
l'ammon. caust.	8 cm. ³ .
l'arg. nitr., solut. 5%	2 cm. ³ .

On plongeait les plaques dans ce bain pour une minute environ. Les N° 7, 16, 17 et 21 des photographies ci-jointes ont été obtenus sur des plaques orthochromatiques. La révélation lente à l'aide de la glycine avec potasse employée à froid donnait les meilleurs clichés. On se servait du fixage ordinaire.

On a obtenu en tout 70 négatifs environ; 23 ont été reproduits par phototypie et joints

à ce mémoire. Les traits plus ou moins longs que l'on remarque sur toutes les images près correspondent au chemin parcouru par les étoiles pendant le temps de pose. Dans la liste des photographies nous avons indiqué entre parenthèse les étoiles les plus brillantes qui ont marqué leur chemin sur les négatifs. Pour le catalogue nous nous sommes servis de toutes les photographies, mais nous n'avons fait reproduire que les mieux réussies et les plus typiques que voici :

N° de la planche.	N° de la photographie.	Date.	Commencement de l'exposition.	Durée de l'exposition.	
II	1	12/XI	5 ^h 50 ^m	6 ^m	Trois rayons jaillissant de derrière le mont Tchébychef (au-dessus de la montagne on voit les Pléiades), à travers l'aurore.
»	2	12/XI	8 25	14	Large colonne au-dessus du mont Tchébychef (deux étoiles brillantes — α , β Geminorum).
»	3	12/XI	9 25	27	Lueur diffuse au-dessus de la montagne à l'ESE. (étoile supérieure brillante — β Tauri, étoile inférieure — γ Orionis).
III	4	22/X	—	5	Rayon s'élevant de derrière le mont Tchébychef (deux étoiles brillantes — α , β Geminorum).
»	5	5/XI	6 34	7	Deux arcs se réunissent au SE. (trois étoiles au-dessus de l'aurore — α , β , γ Arietis).
»	6	23/XI	3 46	5	Deux grands rayons à l'W. (α Lyrae).
»	7	29/XI	10 30	16,5	Eventail de rayons à l'W. (deux étoiles brillantes inférieures — γ , α Pegasi).
IV	8	1/XII	6 18	3	Rayon tordu à l'W. (étoile brillante — α Aquilae).
»	9	1/XII	9 35	2	Bande-serpent se tortillant à travers le zénith du N. au S.
»	10	21/II	6 18	20	Partie d'un arc au S. (étoile brillante inférieure — α Can. min.).
»	11	22/II	10 7	20	Image sous forme d'une draperie au SW. (étoile brillante inférieure — α Can. min.).
V	12	10/X	—	4	Draperie au SW. (trois étoiles très brillantes — α , ζ , θ Pegasi).
»	13	24/X	8 36	4	Aurore apparaissant de derrière les nuages à l'W. (à droite — α Coronae).
»	14	24/X	8 48	5	Arc rayé à l'W. (à droite — α Coronae; à gauche, — α Ophiuchi, visible à travers l'arc).
»	15	12/XI	5 46	3	Bande au S. (α Aquilae).
VI	16	29/XI	7 54	10	Arcs au S. (à gauche — Constellation Tauri).
»	17	29/XI	9 16	13	Arc et traces d'une couronne au S. (à gauche, en bas, constellation Orionis).

VI	18	$\frac{1}{\text{XII}}$	6 ^h 11 ^m	5 ^m	Rayons au N visibles à travers les nuages (en haut une étoile très brillante — 12 Can. Venatici).
»	19	$\frac{1}{\text{XII}}$	10 15	8	Arcs au SE. (à gauche — constellations Orionis et Tauri).
VII	20	$\frac{1}{\text{XII}}$	11 25	8	Rayon conique sortant de derrière la montagne à l'WSW (étoile brillante — γ Pegasi).
»	21	$\frac{24}{\text{XII}}$	9 0	18	Grand rayon à l'W (étoile brillante supérieure — α Cygni).
»	22	$\frac{27}{\text{II}}$	11 24	25	Rayons de derrière la montagne au SW (étoile brillante inférieure — α Can. min.).
»	23	$\frac{4}{\text{III}}$	9 10	20	Grand nuage à l'WSW (étoile brillante inférieure — α Can. min.).

Les plus intéressantes parmi ces photographies sont les № 2 et 14. Le № 2 représente une aurore en large colonne s'élevant au-dessus du mont Tchébychef, comme si elle était projetée sur la montagne même; or, si l'on admet l'hypothèse que la colonne s'élève de la cavité de la montagne, la base de l'aurore serait de 400 mètres près d'altitude au-dessus du niveau de la mer. Sur le № 14 la structure rayée de l'arc ressort si nettement que l'on peut même compter les 7 raies qui le composent. Dans le nombre des négatifs non reproduits à cet endroit il se trouve deux ou trois qui ressemblent de très près aux № 2 et 14.

Les photographies que nous avons obtenues prouvent qu'il n'est pas trop difficile de photographier les aurores d'une manière plus ou moins satisfaisante et il est à espérer, que dans peu de temps les photographies des aurores, prises sur les points extrêmes d'une base, présenteront un nouveau moyen pour déterminer l'altitude des aurores.

Poulkova, Mars 1901.

**Catalogue des aurores boréales observées dans le courant de l'hiver de 1899—1900
à Konstantinovka.**

le 17 septembre.

- 10^h0. Les nuages d'aurore de peu de durée s'enflamment au S, au SW et au zénith. Eclat 4.—Colonnes au S et au SW. Déplacement des colonnes vers l'E. Eclat 4.

le 23 septembre.

- 8,5. Colonne à l'W. Déplacement vers le côté gauche. Eclat 4.

le 26 septembre.

- 9,0. Lueur diffuse s'étend de derrière le pied sud du mont Tchébychef. Eclat 4 (Fig.1).



Fig. 1.

- 9,4. Deux rayons s'échappent au même endroit de derrière le mont Tchébychef. Eclat 4 (Fig. 1).
- 9,5. Au même endroit s'enflamment des nuages d'aurore. Ils se déplacent vers le S. Eclat 4 (Fig. 1).
- 9,6. Draperies divisées en plusieurs parties au S. Eclat 4. Ces parties se déplacent vers l'E et vers le haut. Draperie ondulante. Les convexités des plis se remplacent rapidement par des concavités.

- 9,8. Faisceau de rayons sortant de derrière les nuages à l'E, au-dessus de la lune (Fig. 2). Couleur verte intense. Eclat 2. Déplacement vers le S. Durée $< 1^m$.
- 9,9. Rayon mince partant de la pyramide du mont Savitch s'étend jusqu'à un point situé au S tout près du zénith. Le rayon baisse vers l'horizon, se gonfle et disparaît. Eclat 3.
- 9,9₅. Nuages au SSW. Mouvement rapide vers le côté gauche de l'horizon. Eclat 4.
- 10,0. Rayon vif au NW se dirigeant vers le zénith. Eclat 2.
- 10,2. Beaucoup de nuages d'aurore au-dessus du mont Savitch, sous forme de faucille. Eclat 3. Les nuages se déplacent vers l'E en tournant autour d'eux-mêmes.
- 10,3. Beaucoup de nuages d'aurore à l'W. Déplacement vers le côté gauche. Eclat 3.— Les rayons s'échappent à l'W partant vers le zénith. Eclat de 2 à 4.— Lueur diffuse au-dessus du mont Savitch. Eclat 5.



Fig. 2.



Fig. 3.

- 11,0. Eventail de rayons venant de derrière la pyramide du mont Savitch. Les rayons ont un mouvement rotatoire tout lent; ils se déplacent vers le côté gauche et se dissipent. Eclat 2 (Fig. 3).



Fig. 4.

- 11,1. De derrière les nuages au NW s'échappe un rayon mince, qui s'élargit peu à peu et se dissipe. Eclat 1 (Fig. 4).

le 27 septembre.

- 8^h1 - 8^h4. Aurore d'une vivacité extraordinaire. Arc rayonné au S, qui baisse lentement. Eclat 3. — Lueur diffuse à l'WSW. Eclat 4. — Au même endroit des nuages d'aurore, des draperies et des rayons s'échappent vers le zénith (Fig. 5). — Des bandes s'étalent d'abord au S du zénith de l'W à l'E, puis elles traversent le zénith, et passent enfin jusqu'au N du zénith. — Tourbillons violents au zénith. Eclat des aurores 2. Draperies, bandes et tourbillons éclatent en couleurs différentes. Le bord tranché est rouge ou rose; le bord diffus est vert; le milieu de l'aurore est violet. Le mouvement des tourbillons et le changement des couleurs se font très rapidement.
- 8,7. Couronne complète. Au N, le déplacement des rayons se produit de l'W à l'E. Eclat 4.



Fig. 5.



Fig. 6.

- 8,8. Les nuages d'aurore s'enflamment près de l'horizon à l'WNW. Mouvement ascendant. Eclat 4.
- 8,9. Deux draperies à l'W. Eclat 3. L'une des draperies est en spirale; elle se déroule. L'autre se déplace vers le haut (Fig. 6).
- 9,1. Lueur diffuse dans beaucoup d'endroits du ciel. Eclat 5.
- 9,2. Couronne diffuse avec centre au S du zénith; elle n'atteint pas le N. Eclat 4.
- 9,3. Bande s'élève du milieu du mont Tchébychef et traverse le zénith. Eclat 3.
- 9,4. Bande baisse vers le S; sa concavité diminue. Eclat 3.
- 9,6. Bande pâle, parallèle à l'horizon au S. — Une autre bande plus courte apparaît au-dessus d'elle. Eclat 4.
- 9,7. Bande pâle au S. Eclat 5.
- 9,8. Idem.
- 9,9. Idem.

- 10^h0. La bande s'est rompue en plaques diffuses. Eclat 5.
- 10,3. Lueur diffuse au S. Eclat 5. — Couronne avec centre tout près du zénith au S. Eclat 4.—Draperie au SW, au-dessus du mont Savitch, parallèle à la montagne. Eclat 3.—De derrière la pyramide du mont Savitch s'élancent deux rayons dont l'un disparaît bientôt, tandis que l'autre se transforme en deux draperies; l'une se dirigeant vers le mont Tchébychef passe au S du zénith, l'autre se dirige au N. Eclat 3.
- 10,6. Une draperie s'étend du mont Savitch au mont Tchébychef au N du zénith. Eclat 3. La partie au-dessus du mont Savitch se déplace très vite à gauche, tandis que le reste se meut lentement dans la même direction, ce qui fait que la draperie se déchire; bientôt le mouvement de la première partie se ralentit et les deux parties se réunissent. Ensuite la draperie devient diffuse et disparaît.
- 10,8. Lueur diffuse au S près de l'horizon. Eclat 4.
- 11,2. Lueur diffuse au S. Eclat 5. — Bande de l'W à l'E passe près du zénith au N. Eclat 4.
- 11,5. Plaques très faibles par ci par là. Eclat 5.
- 11,8. Bande de l'WNW au S. Eclat 4.
- 12,0. Rien de prononcé.

le 28 septembre.

- 7,8. Nuages faibles d'aurore dans plusieurs endroits du ciel. Eclat 5.
- 8,0. Une bande visible à travers les nuages s'étend de l'E à l'W tout près du zénith au S; une autre bande plus courte passe au N. Eclat 5.
- 8,3. Colonne s'élevant de derrière le mont Tchébychef. Eclat 4.—Colonne paraissant de derrière les nuages à l'W. Eclat 4. — Nuages d'aurore au NW. Eclat 5.
- 9,0. Colonne au-dessus du mont Tchébychef. Eclat 5.
- 9,8. Pas d'aurore.
- 10,5. Nuages d'aurore à l'WSW. Eclat 5. — Colonne à l'E. Eclat 5.
- 10,8. Pas d'aurore.
- 11,3. Pas d'aurore.
- 11,8. Plaques faibles devenant de temps en temps plus intenses. Eclat 5.

le 29 septembre.

- 8,5, 9^h5. Ciel couvert.—Aurore paraît dans les éclaircies.—Aurores visibles parmi les nuages toute la nuit.

le 1 octobre.

- 10,8. Aurore visible dans les éclaircies entre les nuages à l'W.—Bande faible s'étend de l'W à l'E tout près du zénith au S. Eclat 5.

le 2 octobre.

- 8,5. Arc au S. Eclat 3. Durée d'une heure à peu près.
 9,7. Nuages d'aurore au S. Eclat 4.

le 4 octobre.

- 7,0. Arc diffus de peu d'étendue au S. Eclat 4. — Rayons et nuages au SW. Eclat 3.
 8,0. A l'WSW, faisceau de rayons en éventail s'élevant de derrière le mont Savitch. Eclat 3. — Couronne incomplète avec centre au S du zénith. Eclat 3.
 8,5. Un arc s'étend du milieu du mont Tchébychef jusqu'à la pyramide du mont Savitch au S du zénith. — Un autre arc est visible au-dessous. Son rayon est plus petit. Eclat 3 (Fig. 7).

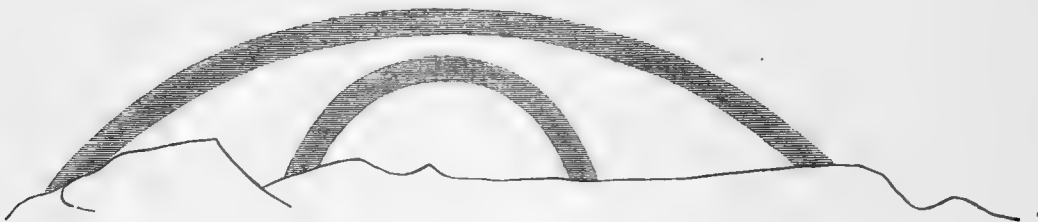


Fig. 7.

- 9,0. Lueur diffuse au-dessus des montagnes à l'W et à l'E. Eclat 5. — Draperie en colonnes isolées à l'E. Eclat 3 (Fig. 8).
 9,2. Couronne avec centre au S du zénith. Eclat 4.
 9,5. L'aurore s'affaiblit.
 10,0. Lueur diffuse par ci par là. Eclat 5.
 10,5. Pas d'aurore.
 11,3. Bande passant de l'E à l'W un peu au S du zénith. Eclat 3. Elle se rompt; la partie près du mont Tchébychef monte en haut.
 12,0. Colonnes vers le zénith au SSW et NNE. Eclat 4.



Fig. 8.

le 5 octobre.

- 8,3. Rideau pâle traversant le zénith du SW à l'E (visible à travers les nuages). Embanchement au N. Eclat 3.
 9,0. Aurore visible dans les éclaircies entre les nuages. Il est impossible de préciser la forme de l'aurore.

le 6 octobre.

Ciel nuageux. Cependant, dans les éclaircies au SE, au NE et même au N on voit des aurores d'une forme indéfinie.

le 7 octobre.

- 6^h3. Bande nébuleuse s'étend de l'WNW au SE, tout près du zénith. Eclat 3.
- 7,0. Arc tout près de l'horizon. Eclat 2.—Au-dessus du mont Savitch un rayon se dirige vers un point au S du zénith. Eclat 4.
- 8,0 - 8^h5. Des langues de feu et des arcs flamboyants se lancent de derrière le mont Savitch jusqu'au-delà du mont Tchébychef. Eclat 2.— De derrière le pied du mont Tchébychef au N s'élève une draperie composée de colonnes séparées. Eclat 3 (Fig. 9).— Arc au S. Eclat 3.
- 8,5 - 9,0. Rideau large à l'W au-dessus du mont Savitch. Eclat 3.— Un rayon s'échappe de derrière le mont Tchébychef. Eclat 3.
- 9,5₅. Arc peu distinct près de l'horizon. Il est interrompu par les cîmes méridionales. Eclat 4 (Fig. 10).— Rayon venant de derrière le mont Savitch au SW. Eclat 4.



Fig. 9.



Fig. 10.

le 8 octobre.

- 7,0. Deux petits arcs, l'un au SW., l'autre au SE. Eclat 4.

le 10 octobre.

- 8,5. Rideau s'élevant du mont Savitch au N tout près du zénith. Eclat 2.—Plaques au NE. Eclat 4.
- 9,0. Nuages au S et au SW. Déplacement vers le côté gauche. Eclat 3.— Un rayon s'étend de derrière le mont Tchébychef vers le nuage d'aurore au sud. Eclat 2.
- 9,0-10,0. Draperies au-dessus du mont Savitch au SW. Eclat 3 (Photogr. № 12). — Arc au S. Eclat 3. — Lueur diffuse au S. Eclat 4.
- 10,0. Lueur diffuse à l'W. Eclat 4. — Colonnes à l'WSW. Eclat 5.

l' 11 octobre.

- 7,0. Rien de distinct.
- 7,0- 8,0. Colonnes à l'E. Eclat 4.
- 9,0-11,0. Nuages, rayons et colonnes visibles ça et là. Eclat 5.

le 13 octobre.

- 8,2. Lueur diffuse au-dessus du mont Tchébychef. Eclat 5.
 10,5. Lueur diffuse à l'W. Eclat 5.

le 14 octobre.

- 6,4 - 9,4. Lueur diffuse par ci par là. Eclat 5.
 10,0. Bande partant du mont Tchébychef traverse le zénith. Eclat 3. D'abord elle n'atteint pas le mont Savitch, puis elle s'abaisse jusqu'à la montagne et apparaît enfin sous forme de draperie flottant au-dessus du mont Savitch. Eclat 3.

le 17 octobre.

- 6,0. Rayon double se dirige du mont Savitch vers le zénith. L'aurore apparaît au-dessous des nuages élevés. Eclat 3.
 6,1. Même rayon mais réuni en un seul.
 6,4. Même rayon.—Une draperie en colonnes séparées s'étale du mont Tchébychef au S. Eclat 3.

le 20 octobre.

- 6,8. Bande au S près de l'horizon. Eclat 3.
 7,8. Lueur diffuse, nuages d'aurore et colonnes au S. Eclat 5.
 9,0. Lueur diffuse par ci par là. Eclat 5.
 10,0. Idem.
 11,0. Idem.

le 21 octobre.

- 9,5. Rayon au SW. Eclat 2.—Nuages d'aurore au S. Eclat 4.
 10,0. Même rayon et nuages.—Draperie peu prononcée au S. Eclat 4.
 10,5. Rayons et nuages d'aurore au S. Eclat 4.

le 22 octobre.

- 5,3. Au S., bande s'étalant du mont Tchébychef vers le zénith. Au-delà du zénith la bande se transforme en un faisceau de lumière. Eclat 4.
 6,0. Rien de prononcé.
 6,5. Idem.
 7,0. Bande près de l'horizon au S. Eclat 3.
 7,8. Bande rayonnée au S. Eclat 4.
 8,0 - 9,0. Draperies au SW. Eclat 3.—Rayons s'élevant de derrière le mont Tchébychef. (Photogr. № 4). — Nuages d'aurore au S. Eclat 3.

- 9^h3. Couronne dont le centre est au S. du zénith, n'atteint pas le N. Eclat 3. — Une draperie à éclat 3 au-dessous de la couronne, puis une bande rayonnée, éclat 4, enfin un arc mince et court, éclat 3.
- 11,3. Couronne complète dont le centre est tout près du zénith au S. Eclat 4. — Rayons isolés parallèles à l'ESE. Eclat 2. Ces rayons se projettent même sur la lune (Fig. 11).



Fig. 11.

le 23 octobre.

- 5,3. Lueur diffuse au S. Eclat 5. — Arc peu distinct près de l'horizon au S. Eclat 3.
- 6,0. Rien de déterminé.
- 6,5. Idem.
- 6,8 - 7,0. Aurores vives s'enflamment au S. On aperçoit un arc près de l'horizon. Eclat 1. — Draperie large au-dessus de l'arc. Eclat 1—2. L'arc et la draperie sont rouges aux bords inférieurs plus tranchés, et verts aux bords supérieurs diffus. Un mouvement de la masse lumineuse à éclat changeant se produit dans la draperie de l'W. à l'E. — On aperçoit au-dessus de la draperie une couronne qui ne parvient pas jusqu'au N. Eclat 3. — Une draperie s'élève de derrière le mont Tchébychef. Eclat 3 (Fig. 12).

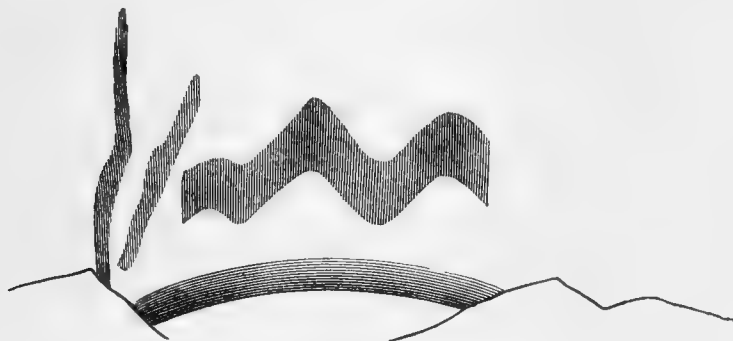


Fig. 12.

- 7,8. Lueur diffuse par ci par là. Eclat 5. — Draperie large au N. Eclat 4. — Grand nuage d'aurore au NE. Eclat 4.
- 8,0. Deux arcs, au S. et au SE. Eclat 3. L'arc supérieur est plus court.
- 9,0. Rien de prononcé.
- 9,4. Couronne complète, au N. à rayons plus intenses. Centre au S. tout près du zénith. Eclat 2. — Au dessous de la couronne, au S., draperie et arc aux nuances rouges et vertes, pareilles à celles qui ont été observées à 6^h8—7^h0. Eclat 2.
- 9,6. Lueur diffuse par ci par là. Eclat 4.
- 9,8. Idem. Eclat 5.

le 24 octobre.

- 4,1. Rayon venant de derrière le mont Tchébychef. Eclat 2.
- 7,3. Une bande s'élance de derrière le mont Tchébychef vers le mont Savitch. Un mouvement très rapide de la masse lumineuse se produit dans cette bande. Le bord tranché est rouge et le diffus est vert. Eclat 2. — Couronne complète. Eclat 2.
- 8,2. Draperie parallèle à l'horizon s'élève de derrière le mont Savitch à l'WNW. Eclat 3 (Fig. 13). — Rayons et nuages d'aurore au S. Eclat 3.
- 8,3. Spirale en draperie terminée par les rayons se dirigeant vers le zénith au NW. Eclat 2 (Fig. 14).

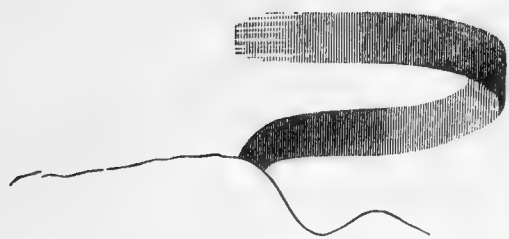


Fig. 13.



Fig. 14.

- 8,6. Rayon large venant de derrière les nuages à l'W. Eclat 2 (Photogr. № 13).
- 8,8. Arc rayé à l'W. Eclat 2. — Rayons à l'W. Eclat 4 (Photogr. № 14).
- 9,0. Nuages d'aurore à l'WNW. Eclat 4. — Draperies intercalées des nuages. Déplacement vers le côté droit. Eclat 2.
- 9,5. Bande près de l'horizon au N. Eclat 3. — Lueur diffuse au N. Eclat 4.
- 9,5-10,0. Lueur diffuse par ci par là. Eclat 5.

le 1 novembre.

- 6,7. Rayon au-dessus du mont Tchébychef. Eclat 3.
- 7,1. Idem.
- 7,6. Idem. — Arc au SE. Eclat 4.

le 2 novembre.

- 4,5. Bande traversant le zénith de l'E à l'W. Eclat 3.
- 5,0-6,5. Arc au SE. — En même temps une aurore est visible en plusieurs endroits au S, parmi les nuages.

le 4 novembre.

- 6,8. Couronne. Eclat 3.
 7,8. Bande large ou draperie peu distincte au SW. Eclat 3.
 8,3. Pas d'aurore.
 9,5. Tourbillons au zénith. Eclat 2—3. Mouvement de l'WSW au NE.
 9,7. Bande au SE. Eclat 3.

le 5 novembre.

- 6,4. Rayon au-dessus du mont Tchébychef, à l'E. Eclat 3.
 6,6. Rayon au-dessus du mont Tchébychef, à l'ENE. Eclat 3. — Deux arcs à l'ESE. Eclat 3 (Photogr. № 5).
 6,8. Rayon à l'E. — Deux arcs au SSE. Eclat 3.

le 7 novembre.

- 6,2. Bande passant du milieu du mont Tchébychef jusqu'au mont Savitch tout près du zénith au N. Eclat 5.
 6,8. Tourbillons à nuances roses et vertes au zénith. Mouvement venant principalement de derrière le mont Savitch. Eclat 2.—Nuages d'aurore au SW, NW, NE. Eclat 4.
 7,9. Une draperie se développe de derrière le mont Savitch. Déplacement de l'aurore vers le côté gauche. Eclat 3.

le 8 novembre.

- 8,3. Bande courte au zénith se dirigeant du SW au NE. Eclat 3. Les étoiles sont invisibles.

le 12 novembre.

- 5,3. Arc au SSW. Eclat 3.
 5,5-7,0. Aurores vives paraissent de temps en temps. Eclat 1, 2 et 3. Le point de départ des aurores est derrière le mont Tchébychef, de là s'échappent les rayons (Photogr. № 1) et les bandes (Photogr. № 15); de derrière la montagne se déroulent les draperies. Quelques aurores sont d'un vert vif, d'autres tricolores: leurs contours tranchés sont rouges, tandis que les contours diffus sont verts et le milieu violet.— Les arcs rayés, rayonnés et diffus se forment au S.
 8,4. Colonne de rayons bien large et lueur diffuse au-dessus du mont Tchébychef. Eclat 3 (Photogr. № 2).
 9,4. Lueur diffuse à l'ESE. Eclat 4 (Photogr. № 3).
 16,0-17,0. Bande au NW. Eclat 3.—Draperies au N se déroulent et se déplacent de l'W à l'E. Eclat 4. — Les colonnes s'enflamment au N. Eclat 4.

le 13 novembre.

- 3,0. Bande venant de derrière le mont Tchébychef passe au S du zénith jusqu'au mont Savitch. Eclat 4. On voit distinctement sa structure rayée.
- 3,3. Rien de déterminé.
- 4,0. Idem.
- 4,5. Lueur diffuse par ci par là. Eclat 5.
- 5,0. Rayon venant de derrière le milieu du mont Tchébychef. Eclat 2. Il s'abaisse vers l'horizon sud.
- 6,0. De derrière la montagne à l'E parait un faisceau de rayons. Eclat 4.
- 6,5. Rayon à l'E venant de derrière la montagne. Déplacement vers le côté gauche. Eclat 4. — Lueur diffuse au S. Eclat 4.

le 15 novembre.

- 8,2. Lueur diffuse à l'W. Eclat 4.
- 8,3. Idem. Eclat 5. — Rayon venant de derrière la montagne au SW. Eclat 4.
- 8,5. Rayon au-dessus de la montagne à l'E. Eclat 4.
- 10,3. Lueur diffuse à l'W. Eclat 4.
- 10,5. Rayon au-dessus du mont Savitch. Eclat 4.

le 20 novembre.

Malgré que le ciel a été serein, on ne voyait pas d'aurores distinctes. Ce fut pour la première fois qu'on n'a pas observé d'aurore par un temps clair.

le 21 novembre.

- 1,8. Une colonne se lève de derrière les nuages à l'W. Eclat 4.
- 2,0. Rayon à l'W. Eclat 4.
- 2,5. Arc au N, au-dessus de la lune. Eclat 3.
- 2,7. Lueur diffuse au-dessus du mont Tchébychef. Eclat 4.
- 3,0. Lueur diffuse par ci par là au N. Eclat 4.
- 3,2. Lueur diffuse au-dessus du mont Savitch. Eclat 4.
- 3,5. Bande près du zénith au S. Eclat 2.
- 4,5. Trois bandes parallèles s'élevant de derrière le mont Savitch. Deux d'entre elles se réunissent au-delà du zénith. Eclat 3.
- 5,5. Bande à contour nord tranché passe de l'E à l'W en traversant le zénith. Eclat 2. — Un éventail des rayons s'élève de derrière le mont Savitch à l'W. Eclat 2.
- 5,7. Eventail de rayons à l'W. Eclat 3.
- 6,0. Bande allant de l'E à l'W. — Le même éventail. Eclat 3.
- 6,5. Bande tordue s'étend de derrière le mont Savitch vers l'E. Eclat 3. — Un arc passe au SE. Eclat 3.

- 6,8. Rayons à l'W. Eclat 3.
 7,2-13,0. Rien de prononcé.
 13,0-16,0. Lueur diffuse par ci par là. Eclat 4.

le 22 novembre.

- 3,0. Deux arcs s'étendent au S, près du zénith. Eclat 3.
 4,0. Mêmes arcs. Ils baissaient visiblement. Eclat 4.
 5,0. Arc peu prononcé au S. Eclat 5.
 5,2. Arc et lueur diffuse au S. Eclat 3.
 5,3. Un arc près de l'horizon au S, un autre un peu plus haut. Eclat 3.
 5,5-7,5. Un arc tantôt disparaissant, tantôt reparaissant se tient tout le temps au même endroit au S. Eclat de 3 à 5.
 8,0. Aurores vives s'enflamment sur tout le ciel. Tourbillons dans le voisinage du zénith. — Rayons, draperies et colonnes au N et au S. Eclat 2.
 16,0. Draperies peu prononcées au N et au NNE. Eclat 5. — Colonnes au NW. Eclat 4.
 19,3. Plaque au NNW. Eclat 4.

le 23 novembre.

- 2,0. Une bande sinueuse s'élance de l'E à l'W à travers le zénith. Eclat 3.
 2,3. Bande venant de derrière le mont Savitch, à l'W, s'étend autour du zénith. Eclat 3 (Fig. 15).
 3,8. Deux grands rayons à l'W. Eclat 2 (Photogr. № 6).
 4,0. Tout le ciel s'enflamme d'aurores. De derrière le pied du mont Tchébychef au nord s'échappent les nuages d'aurore et les faisceaux de rayons. — Tourbillons



Fig. 15.



Fig. 16.



Fig. 17.

dans les voisinage du zénith. — Une bande s'étend de l'E à l'W passant au S tout près du zénith. Eclat des aurores 2. La bande et les tourbillons ont des couleurs nuancées, les contours tranchés étant rouges et les diffus verts (Fig. 16).

- 4,3. Faisceau de rayons à l'W. Eclat 2 (Fig. 17). — Nuages d'aurore à l'W et au NW. Eclat 3.

- 4,5. Faisceau de rayons à l'W. Eclat 3. — Lueur diffuse sur tout le ciel, au S et au N. Eclat 5.
 5,0. Il ne reste que quelques plaques. Eclat 5.
 6,0. Le ciel se couvre de nuages, on ne voit que les étoiles très brillantes.
 6,3. Aurore très vive au-dessous des nuages. On n'en voit pas les détails, mais la lueur produite par l'aurore ressemble à celle de la lune.

le 24 novembre.

- 5,8. Arc au S. — Deux rayons à l'E. — Une bande traversant le zénith s'étend de l'E vers le milieu de l'arc au S. Eclat des aurores 3. — Nuage d'aurore au S. Eclat 4. (Fig. 18).
 7,0. Faisceau de rayons à l'W. Eclat 3 (Fig. 19).

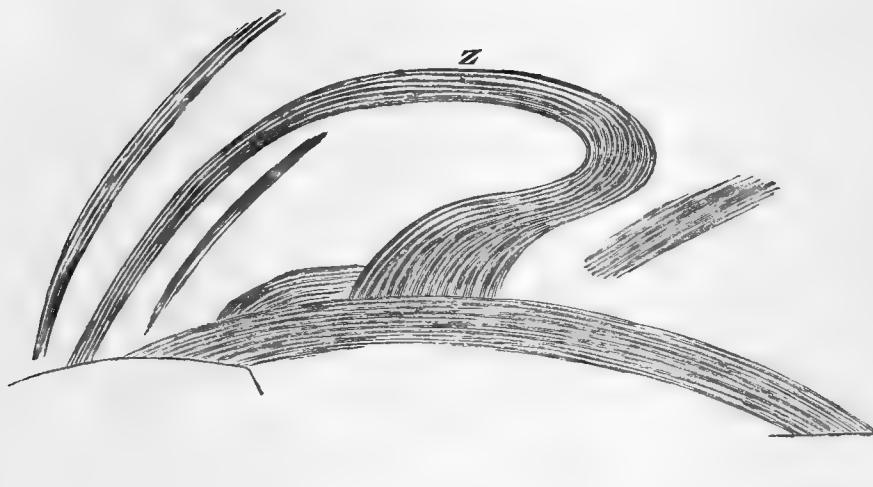


Fig. 18.



Fig. 19.

- 7,5. Arc au S. Eclat 3.
 8,0. Arc rayonné au S. Eclat 4.
 10,3. Rayons à l'W et à l'E. — Une bande traverse le zénith de l'W à l'E. Eclat 4.
 11,0. Aurore d'un gris-sale, embrouillé, apparaît parmi les nuages au S, à l'W et à l'E. Eclat 4.

le 25 novembre.

- 9,3. Aurore peu prononcée entre les nuages à l'E, à l'WSW et au zénith. Eclat 4.
 9,5. Bande derrière les nuages au NNE. Eclat 3. — Lueur diffuse au-dessus du mont Tchébychef. Eclat 4.

le 26 novembre.

- 2,5. Arc au N. Eclat 4.
 3,0. Rien de distinct.
 3,5. Un arc s'étend de l'E à l'W tout près du zénith vers le S. Eclat 3.

- 4^h2. Pas d'aurore.
 7,5. Arc très faible au S.—Faisceau de rayons s'échappant au SE de derrière le mont Tchébychef. Eclat des aurores 5.
 8,5. Arc rayé au S. Eclat 4. — Faisceau peu distinct de rayons au-dessus du mont Tchébychef. Eclat 5.—Nuages d'aurore au N. Eclat 5.
 9,3. Arc rayé au S. Eclat 3.

le 27 novembre.

jusqu'à 6^h5 on voit de temps en temps des plaques. Eclat 5.

- 6,5. Arc au contour sud tranché au S. Eclat 5.
 7,5. Arc large au S. Eclat 2.—Au-dessus de l'arc une draperie peu prononcée. Eclat 4.
 — Faisceaux de rayons s'échappent de derrière le mont Tchébychef. Eclat 4.
 8,5. Lueur diffuse au S. Eclat 2.
 9,5. Arc au S. Eclat 3.—Lueur diffuse au-dessus de l'arc. Eclat 4.—Rayons à l'E et au NW. Eclat 3, 4.
 10,0. On voit partout des aurores, dans les éclaircies parmi les nuages.

le 29 novembre.

- 2,8. Pas d'aurore.
 3,2. Deux arcs au N. Eclat 4.
 3,6. Trois bandes passant près du zénith s'étendent de l'E à l'W. — Une quatrième n'atteint pas le zénith. Eclat 4.
 4,3. Arc rayé au S. Eclat 3.—Bande rayée passant au S tout près du zénith s'étend de l'E à l'W. Eclat 4.—Une autre bande tordue se lance de l'E à l'W en traversant le zénith. Eclat 3.
 4,8. Arc rayé au S. Eclat 3.—Bande sinueuse au S. Eclat 3.—Faisceau de rayons à l'E. Eclat 4.
 5,3. Arc rayé près de l'horizon au S. Eclat 4.—Autre arc au SE. Eclat 3.
 5,8. Bande se dirigeant de derrière le mont Tchébychef à travers le zénith vers l'W. Eclat 3.—Arc rayé près de l'horizon au S. Eclat 4.—Lueur diffuse sur toute la partie S du ciel. Eclat 5 (Fig. 20).

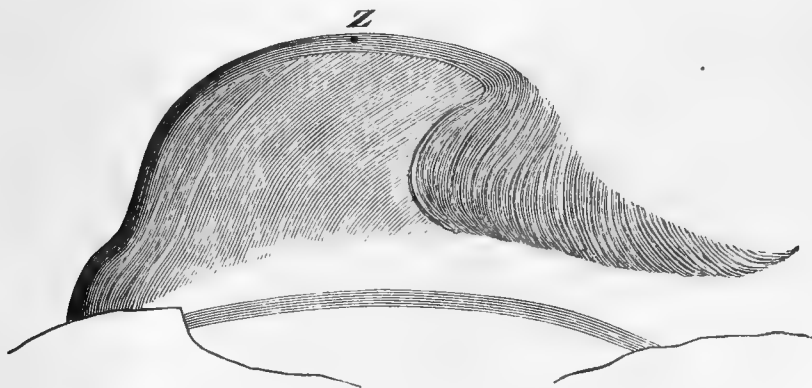


Fig. 20.

- 6,3. Lueur diffuse sur tout l'hémisphère sud. Eclat 4, 5.
 6,8. Arc rayé au S. Eclat 4. — Lueur diffuse au-dessous de l'arc. Eclat 5. — Quatre rayons vifs mais courts s'échappent de derrière le mont Tchébychef et disparaissent dans quelques secondes. Eclat 2 (Fig. 21).

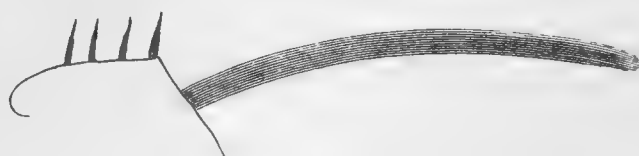


Fig. 21.

- 7,5. Deux arcs rayés de petite courbure, presque droits au S. Eclat 3. — Entre eux, lueur diffuse. Eclat 5.
 7,9. Idem (Photogr. № 16).
 8,0. Idem. Arc se dissipant au SE. Eclat 4. — Nuages d'aurore au-dessus des arcs. Eclat 4.
 8,4. Mêmes arcs.
 8,5. Idem.
 9,0. Il ne reste qu'un seul arc près de l'horizon. Eclat 3.
 9,3. Le même arc. — Une couronne se forme. Eclat 3 (Photogr. № 17).
 9,5. Idem. Eclat de la couronne 2. Le centre de la couronne tout près du zénith au S.
 9,5-10,0. Une masse lumineuse circule à travers le zénith tantôt de derrière le mont Tchébychef jusqu'au delà du mont Savitch, tantôt vice-versa. — Tourbillons au zénith. On aperçoit des nuances rouges et vertes. Eclat 2. — Draperie en colonnes séparées, au N. Eclat 3.
 10,0. Tout le ciel à l'exception du N est couvert d'une aurore d'un gris sale. Les aurores de ce type sont probablement la suite des aurores vives et mobiles. Une telle aurore a été aussi observée pendant les vents violents.
 10,5. Arc rayé au S. Eclat 3. — Eventail de rayons à l'W. Eclat 2—4 (Photogr. № 7). — Draperie au NNE. Eclat 2. — Lueur diffuse au zénith. Eclat 4.
 11,0. Un faisceau de rayons s'élève verticalement de derrière le mont Savitch. Eclat 2. — Lueur diffuse par ci par là. Eclat 4.
 11,5. Idem.

le 30 novembre.

- 0,5. Colonne à l'W. Eclat 3. — Arc au N. Eclat 5.
 1,0. Colonnes à l'W. Eclat 4. — Nuages d'aurore au N. Eclat 5.
 1,5. Rayons venant de derrière les montagnes à l'E et à l'W. Eclat 4. — Lueur diffuse et nuages d'aurore au N. Eclat 4, 5.
 2,0. Deux bandes serpentées s'élancent à travers le zénith de derrière le mont Tchébychef jusqu'au-delà du mont Savitch. Les bandes dont la masse lumineuse est en

- mouvement sont tricolores au contour tranché rouge, au contour diffus vert et au milieu violet. Eclat 2. — Couronne au-dessous de la bande sud. Eclat 4.
- 2,5. Il ne reste qu'une seule bande non colorée. Eclat 2. — Nuages d'aurore au S. Eclat 3. — Lueur diffuse au S. Eclat 5.
- 3,0. Arc diffus au S. Eclat 2. — Un faisceau de lumière s'élance de derrière le mont Tchébychef. Eclat 2.
- 3,5. Arc rayonné au S. Eclat 2. — Deux bandes traversant le zénith s'étendent de l'E à l'W. Eclat 2.
- 4,0. Bande passant au S du zénith s'étend de l'E à l'W. Eclat 2. — Six arcs rayés au-dessous de la bande. Eclat 4.
- 4,0-6,5. Aurores peu prononcées au N.
- 6,5. Bande traversant le zénith de l'E à l'W. Eclat 3. — Draperies et bandes courtes au N. Eclat 3, 4.
- 7,0. Quelques rayons verticaux isolés au N. Eclat 2, 3. — Une bande s'étend de l'E à l'W; elle se dissipe à l'W. Eclat 3.
- 8,0. Arcs peu distincts au S. Eclat 4.
- 8,3. Pas d'aurore.
- 8,5. Idem.
- 8,8. Idem.
- 9,0. Idem.
- 9,3. Idem.
- 9,5. On aperçoit une couronne très nette, dont le centre est au S, tout près du zénith; elle n'atteint pas le N. Eclat 3.
- 9,7. Une bande va en serpentant de l'W à l'E (Fig. 22). — Tourbillons au zénith se déplaçant vers l'E. Le contour extérieur tranché est rose; le violet qui se range à côté est suivi du vert. Eclat des aurores 2.

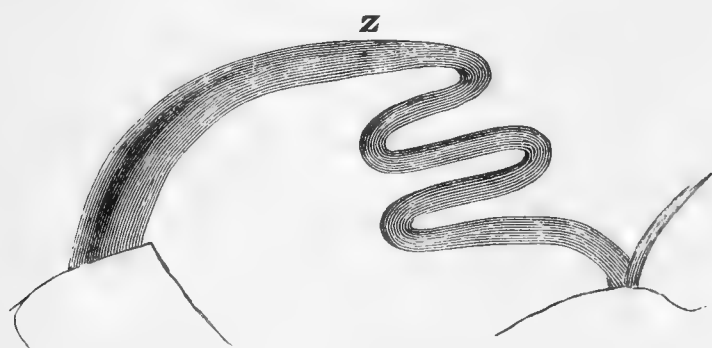


Fig. 22.

- 10,0. Arc rayonné au S. Eclat 3. — Il se forme une couronne pâle et peu distincte avec rayons qui n'atteignent point son centre. Eclat 4. — Faisceau des rayons minces au-dessus du mont Tchébychef. Eclat 3.

le 1 décembre.

- 0,3. Lueur diffuse par ci par là au N. Eclat 5.
 1,5. Idem.
 1,8. Deux bandes passent de l'E à l'W; la plus large au N, l'autre au S tout près du zénith. Eclat 4, 3. — Deux rayons à l'W. Eclat 3.
 2,7. Bande tordue s'étend de derrière le mont Tchébychef vers en haut. Elle se dissipe près du mont Savitch. Eclat 2. — Arc diffus au S. Eclat 4.
 3,3. Deux arcs diffus au S. Eclat de l'arc supérieur 3 et de l'inférieur 4.
 4,5. Trois arcs rayés au S. Eclat 4. — Une bande s'étend du mont Savitch vers le mont Tchébychef. Le mouvement de la masse lumineuse se produit de l'W à l'E. Eclat 2. — Les rayons s'élèvent de derrière le mont Tchébychef. Eclat 3.
 5,0. Arc diffus tout près de l'horizon au S. Eclat 2.
 5,7. Arc rayonné au S. Eclat 2. — Un second arc composé des rayons isolés apparaît au-dessus de celui-là. Eclat 3.
 6,2. Trois rayons au N visibles à travers les nuages. Eclat 3 (Photogr. № 18).
 6,2₅. Rayons fins et parallèles s'échappent de derrière la montagne au N. Eclat 2. — Une draperie s'étend de derrière le mont Savitch vers le N, tourne au N au-dessus des montagnes et retourne vers le mont Savitch. Eclat 2-3. — Faisceau de rayons à l'W. Eclat 4 (Fig. 23). — Lueur diffuse au S. Eclat 4.
 6,3. Rayon tordu à l'W. Eclat 2 (Photogr. № 8).
 7,0. Arc diffus au S près de l'horizon. Eclat 3.
 7,8. Idem.
 8,3. Deux arcs rayés au S. Eclat 2. — Lueur diffuse entre eux et jusqu'à l'horizon. Eclat 4. — Couronne aux rayons à peine visibles dont le centre est au S tout près du zénith, apparaît au-dessus des arcs. Eclat 5.
 8,7. Lueur diffuse sur tout le sud. Eclat 4. — Langues lumineuses s'étendent du mont Savitch vers le mont Tchébychef et passent au N tout près du zénith. Eclat 2. — Tourbillons au zénith. Eclat 2. — Rayons minces partent du zénith en se divergeant et forment une couronne. Eclat 3.

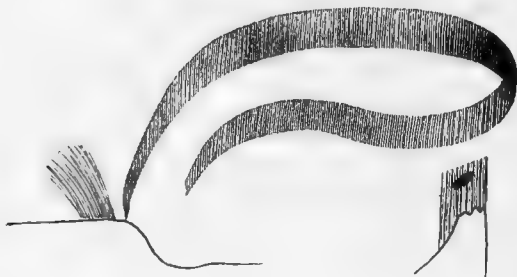


Fig. 23.



Fig. 24.

- 9,3. Lueur diffuse sur tout le sud. Eclat 5. — Couronne pâle et délicate. Eclat 4. — Bande en spirale au NE se meut dans la direction du déroulement; le bord tranché est rougeâtre, l'autre est vert. Eclat 2 (Fig. 24).

- 9,6₅. Bande-serpent passe du N au S en traversant le zénith; la masse lumineuse coule en elle; le serpent se tortille et se tourne vers l'E. Eclat 2 (Photogr. № 9). — Draperie peu prononcée au S. Eclat 4. — On voit s'étendre du méridien sud jusqu'au méridien nord une bande au-dessus du mont Tchébychef. La masse lumineuse y coule tantôt dans une, tantôt dans l'autre direction. Eclat 2.
- 10,3. Trois arcs diffus au SE. Eclat 2, 3 (Photogr. № 19). — Lueur diffuse au N, à l'E et au zénith. Eclat 4.
- 10,6. Une bande s'étend du mont Savitch jusqu'au-delà du mont Tchébychef en traversant le zénith. La masse lumineuse se meut dans la direction du mont Tchébychef. Eclat 2. — Rayons fins viennent de derrière la montagne au SE. Eclat 2. — Arc, nuages d'aurore, lueur diffuse au S. Eclat 3, 4 (Fig. 25).



Fig. 25.

- 10,8. Bande rayonnée au N. Eclat 2. — Lueur diffuse se répand au-dessus d'elle à travers le zénith jusqu'à l'horizon sud. Eclat 4. Quelque chose ressortant du côté gauche du mont Savitch semble pénétrer dans la bande et y produire des ruptures verticales sombres qui se déplacent à droite; deux secondes après toute la bande s'assombrit, son rayonnement disparaît et toute l'aurore devient d'un gris sale, embrouillé. Eclat 4.
- 11,4. Rayon conique venant de derrière le mont Savitch, à l'WSW. Eclat 2 (Photogr. № 20).
- 11,5. Bande serpentée diffuse au SW. — Autre bande rayonnée au N. Eclat 3.

le 2 décembre.

- 0,0. Lueur diffuse à l'E au-dessus de la montagne. Eclat 4.
- 0,5. Trois bandes rayées passent au S tout près du zénith, de l'E à l'W. Eclat 5.
- 1,3. Bande passant au N tout près du zénith, de l'W à l'E. Eclat 3. — Rayons fins parallèles s'élevant de derrière la montagne à l'W. Eclat 3.
- 1,8. Rayons lancés de derrière la montagne à l'W et deux bandes passant au N du zénith, de l'W à l'E. Eclat 5.
- 2,5. Pas d'aurore.
- 3,0. Idem.

- 3^h3. Rayons s'élançant de derrière la montagne à l'W. Eclat 4. — Arc au N. Eclat 5. — Bande à travers le zénith, de l'W à l'E. Eclat 3.
- 3,5. Arcs rayés au S. — Bandes rayées près du zénith. Eclat 3, 4.
- 4,2. Arc diffus au S près de l'horizon. Eclat 2. — Bande allant de l'W à l'E à travers le zénith. Eclat 3.
- 5,0. Six arcs diffus au S et près du zénith. Eclat 3, 4. — Colonnes en rayons fins au N. Eclat 3. — Bande allant de l'E, au N. Eclat 2.
- 5,5. Tout le mont Savitch est flamboyant de lueur diffuse. — Arcs et bandes sortent de cette aurore passent par le zénith et s'étendent sur toute l'hémisphère sud. Eclat 2.
- 6,0. Arc au S, près du zénith. Eclat 3. — Lueur diffuse au-dessous. Eclat 4. — Deux arcs au N se réunissant à l'W. Eclat 3.
- 6,8. Bandes-serpents traversent en se tortillant le zénith de l'E à l'W. Les masses lumineuses coulent tantôt du mont Tchébychef au mont Savitch, tantôt dans la direction opposée. Parfois les serpents se tortillent rapidement et forment des tourbillons au zénith. Le contour plus tranché est d'un rouge cramoisi foncé, tandis que le contour diffus est vert jaunâtre. Eclat 1, 2. — Toute l'hémisphère sud est couverte de lueur diffuse. Eclat 3.
- 7,0. Bandes-serpents s'échappent de derrière le pied du mont Tchébychef. Au sud quelques bandes s'étendent jusqu'au-delà du mont Savitch (Fig. 26). La masse lumineuse, à contour tranché rouge cramoisi foncé et à contour diffus vert, coule très rapidement de derrière le mont Tchébychef. Eclat 1. — Faisceaux de rayons partant de derrière le mont Tchébychef. Eclat 3. — Draperie peu déployée et composée de rayons fins isolés au N. Eclat 4.

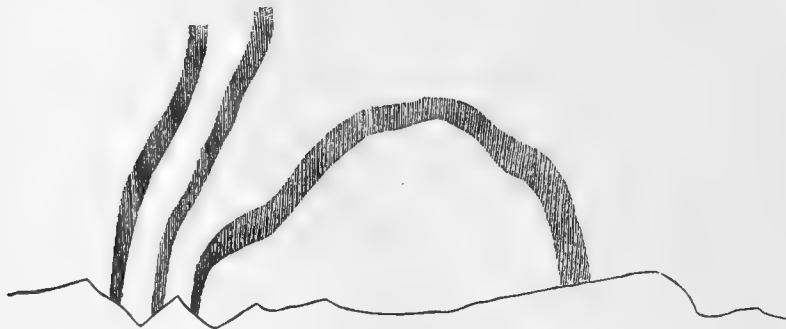


Fig. 26.

- 7,3. Arc large et diffus au N. Eclat 2.
- 7,8. Bande au SSW. Eclat 2.
- 8,5. Lueur diffuse par ci par là particulièrement au S. Eclat 4.
- 9,1. Idem.
- 10,0. Idem.
- 10,8. Eventail de rayons au-dessus du mont Savitch. Eclat 3. — Plaques au N. Eclat 4.

le 3 décembre.

- 2,3. Pas d'aurore.
- 3,0. Arc rayé au N. Eclat 5. — Deux faisceaux de rayons viennent de derrière les montagnes et se dirigent à l'E et à l'W. Eclat 4.
- 3,8. Deux arcs rayés au N et au S. Eclat 4. — Deux bandes passant près du zénith de l'E à l'W. Eclat 3.
- 4,5. Arc rayé au S. — Bande passant de l'E à l'W. Eclat 3.
- 5,5. Arc au S, bande allant de l'E à l'W et faisceau de rayons à l'E. Eclat 3.
- 7,0. Deux bandes-serpents se tortillent de l'W à l'E en traversant le zénith; la masse lumineuse d'un rouge cramoisi foncé coule dans une bande de derrière le mont Tchébychef jusqu'au-delà du mont Savitch, tandis que dans l'autre la masse de couleur verte se déplace dans la direction opposée. Eclat 2.
- 7,8. Au N aurore visible à travers les nuages. Eclat 3.
- 9,0. Lueur diffuse au N, à l'E et à l'W. Eclat 4.

le 5 décembre.

- 2,3. Eventail de faisceaux des rayons partant à l'W de derrière la montagne. — Deux faisceaux des rayons s'étendent au N et atteignent l'E. Eclat 4.
- 2,7. Deux bandes au N près du zénith. Eclat 4.
- 3,4. Rideau large étendu de l'E à l'W passe à travers le zénith. Eclat 4.
- 4,7. Deux bandes se dirigent de derrière la montagne à l'W vers le zénith. Une bande passe jusqu'à la montagne à l'E. Eclat 4.
- 5,5. Lueur diffuse par ci par là. Eclat 5.
- 6,0. Plaques dans différents endroits. Eclat 5.
- 7,0. Plaques à l'W. Eclat 5.
- 8,0. Le ciel est couvert, mais, comme il faisait très clair, on a pu supposer qu'une aurore très lumineuse brille derrière les nuages.

le 13 décembre.

- 2,0. Lueur diffuse par ci par là. Eclat 5.
- 3,0. Pas d'aurore.
- 4,0. Idem.
- 5,0. Idem.
- 6,0. Idem.
- 7,0. Idem.
- 8,0. Faisceau de rayons s'élevant de derrière la montagne à l'E. Eclat 3.

- 8,8. Colonne au-dessus de la montagne à l'E. Eclat 5.
 9,3. Pas d'aurore.
 10,0. Idem.
 11,0. Idem.

le 14, 15 et 16 décembre.

On ne voit pas d'aurores dans les éclaircies entre les nuages.

le 16 décembre.

- 19,0. Eventail de rayons faibles montant de derrière le pied du mont Tchébychef au sud. Eclat 5.
 20,0. Pas d'aurores.
 21,0. Idem.

le 18 décembre.

- 15,0. Pas d'aurores.
 16,0. Idem.
 19,2. Idem.
 20,0. Idem.
 20,5. Colonnes au NE. Eclat 4.

le 24 décembre.

- 1,5. Pas d'aurores.
 2,5. Deux arcs rayés au N, près de l'horizon. Eclat 3. — Colonnes à l'W. Eclat 4.
 3,5. Arc rayé au N. Eclat 4. — Colonnes à l'W. Eclat 5.
 4,0. Le même arc au NNW. Eclat 5.
 4,5. Arc au N. Eclat 5.
 5,0. Pas d'aurore.
 5,8. Idem.
 6,0. Lueur diffuse au N. Eclat 5.
 6,8. Arc diffus au N. Eclat 3. — Faisceaux de rayons à l'W. Eclat 4.
 7,5. Bande s'élevant de derrière le mont Tchébychef et traversant le zénith. Eclat 3.
 8,0. Bande rayée passant de l'E à l'W, tout près du zénith au S. Eclat 3.
 9,1. Grand rayon venant de derrière les nuages à l'W. Eclat 2 (Photogr. № 21).
 9,5. Nuages d'aurore au N. Eclat 3.
 10,0. Ciel couvert nuages.

le 26 décembre.

- 0,5. Colonnes à l'W. Eclat 4.
 1,0. Arc diffus au N. Eclat 4. — Eventail de rayons à l'W. Eclat 3.

- 1^h8. Deux arcs diffus au N. Eclat 4.— Draperie peu déterminée et éventail de rayons à l'W sortant de derrière la montagne. Eclat 4.
- 2,8. Nuages d'aurore à l'WSW, au NW et au zénith. Eclat 4.

le 29 décembre.

- 1,5. Bande au S, s'étendant de l'E à l'W. Elle est plus large près du mont Tchébychef. Eclat 3.
- 2,5. Arc prononcé au S. Eclat 2.
- 3,5. Arc diffus au S. Eclat 2. Il est deux fois plus large que l'arc précédent. Ruptures verticales sombres se produisent dans l'arc par une cause inconnue. On a observé ce phénomène pour la deuxième fois. Les observations prouvent que ce ne sont pas les nuages qui amènent cet assombrissement.
- 4,5. Deux arcs rayés au S. Eclat 2.— Deux draperies peu déterminées au N. Eclat 2, 3. — Faisceau des rayons s'élevant de derrière la montagne à l'E. Eclat 3. Jusqu'à 4^h5 les aurores sont bien déterminées et lumineuses. Puis un vent s'élève qui souffle avec impétuosité dans toutes les directions possibles et les aurores deviennent embrouillées.
- 5,0. Arc diffus au S, un autre au N. Eclat 3.— Bande large traverse le zénith de l'W à l'E. Eclat 4.
- 6,0. Draperie en rayons séparés au N. Eclat 2.— Traces d'une couronne au-dessus de la draperie, la couronne atteint par le S. Eclat 3.— Au-dessous de cette couronne jusqu'à l'horizon sud, aurore d'un gris-sale. Eclat 4.
- 6,8. Draperies se développent à l'W au-delà de la montagne. Eclat 2. — Une des draperies s'étend au N en passant à un arc diffus. Eclat 3. — Lueur diffuse au-dessus de l'arc se répand à travers le zénith jusqu'à l'horizon sud. Eclat 4.
- 7,8. Six dixièmes du ciel sont couverts d'une aurore d'un gris-sale. Eclat 4.
- 8,3. Bande passant au S du zénith s'étend de l'W à l'E. Eclat 3 (Fig. 27).— Draperie à l'W. Eclat 3.



Fig. 27.

- 9,3. Couronne dont le centre est près du zénith. Eclat 3.
- 10,3. Lueur diffuse par ci par là. Eclat 4—5.
- 11,0. Idem. Eclat 5.
- 11,5. Idem.

- 19^h0. Pas d'aurore.
 20,0. Idem.
 21,0. Idem.
 21,5. Bande verticale peu déterminée à l'W. Eclat 3.
 22,0. Pas d'aurore. Le ciel se couvre de nuages.

le 30 décembre.

- 3,0. Arc diffus au N. Eclat 3.
 3,8. Bande mince traversant le zénith de l'W à l'E. Eclat 4. — Trois arcs diffus au N. Eclat 4.
 4,3. Deux larges bandes passant près du zénith de l'W à l'E. Eclat 3.
 4,8. Deux bandes, de l'W à l'E. — Une troisième n'atteint que le zénith. Eclat 2.
 5,7. Arc à l'ESE. Eclat 3.
 6,9. Arc rayé au S, près de l'horizon. Eclat 2.

le 31 décembre.

- 9,0. Draperie entourant le zénith en cercle. Elle paraît de derrière la montagne occidentale. Eclat 2 (Fig. 28). — Lueur diffuse à l'E. Eclat 3.
 10,0. Deux faisceaux de rayons s'élèvent de derrière les montagnes à l'E et à l'W (Fig. 29). Eclat 3.



Fig. 28.



Fig. 29.

le 1 janvier.

De 19^h8 le 31 décembre jusqu'à 4^h0 le 1 janvier pas d'aurore.

- 4,0. Lueur diffuse à l'E, à l'W et au zénith. Eclat 5.
 4,3. Deux faisceaux de rayons divergeants s'élèvent de derrière la montagne à l'E; deux faisceaux semblables paraissent de derrière la montagne à l'W. Eclat 3.
 5,0. Une large bande s'étend en passant au sud du zénith de l'E à l'W. Eclat 3.
 6,0. Arc diffus au S. Eclat 2.
 7,0. Rideau large au S, de l'E à l'W. Eclat 3.

- 8^h0. Le rideau commence à se dissiper. Eclat 3. — Bande mince au S. Eclat 2.
 9,0. Faisceau de rayons s'élève de derrière la montagne à l'E. — Nuage d'aurore à l'WSW. — Bande au S. Eclat 3.
 9,5. Deux faisceaux de rayons à l'W. Eclat 2, 3.
 10,0. Draperie large sortant de derrière la montagne à l'ouest traverse le zénith et passe jusqu'au-delà de la montagne à l'est. Eclat 3.
 10,8. Deux colonnes de rayons à l'W. Eclat 3, 4.
 De 20^h2 à 24^h0 pas d'aurore.

le 2 janvier.

- 0,5. Arc peu marqué au N. Eclat 4.
 1,0. Pas d'aurore.
 1,7. Arc peu déterminé au N. Eclat 5.
 2,5. Pas d'aurore.
 3,0. Arc diffus au N. Eclat 4.
 3,5. Bande large à bord supérieur diffus passe près du zénith au N. Eclat 3.
 4,0. Idem.
 4,4. Trois bandes venant de derrière la montagne à l'W: l'une passe au N, au-delà du mont Tchébychef, les deux autres s'étendent près du zénith et se réunissent à l'ENE. Eclat 3.
 5,3. Bande au N, se dirigeant de l'W à l'E. Eclat 3. — Faisceau de rayons sortant de derrière la montagne à l'W. Eclat 3.
 5,9. Bande au N. Eclat 4. — Rayons paraissant de derrière les montagnes à l'W et à l'E. Eclat 5. — Grand nuage d'aurore au NE. Eclat 4.
 6,5. Deux bandes s'étendent de derrière le mont Tchébychef jusqu'au-delà du mont Savitch. L'une passe au N tout près du zénith, l'autre au S. Eclat 3. — Deux faisceaux de lumière apparaissent de derrière le mont Tchébychef au NE et au SE. Eclat 3, 4.
 6,9. Deux arcs diffus au S. Eclat 3.
 7,8. Bande au S, près du zénith. Eclat 4. — On voit une autre bande au-dessous au SW. Eclat 3.
 8,3. Deux arcs rayés presque droits au S. Eclat 4.
 9,3. Couronne peu marquée. Eclat 3. Masse lumineuse jaillissant en tourbillons de derrière la montagne d'est se dirige jusqu'au-delà de la montagne d'ouest. Eclat 2. Quelques secondes après il ne reste plus qu'une aurore d'un gris sale. — Lueur diffuse au S. Eclat 5.
 9,4. Couronne peu déterminée. Eclat 4.

- 9^h5. Masse lumineuse en langues de feu à nuances roses coure du mont Tchébychef jusqu'au-delà du mont Savitch. Eclat 2. — Bande large au S, près du zénith, passant de l'E à l'W. Eclat 3. — Lueur diffuse au S. Eclat 5.
- 10,0. Lueur diffuse par ci par là. Eclat 5.
- 10,2. Arc diffus au S. Eclat 3.— Faisceau de rayons s'élève de derrière la montagne à l'E. Eclat 4.
- 10,5. Lueur diffuse au S. Eclat 5.
- 10,9. Bande au S. Eclat 3.
- 11,3. Lueur diffuse par ci par là au S. Eclat 5.

le 4 et 5 janvier.

Le 4 janvier de 14^h5 à 16^h0, le 5 janvier à 4^h5 et à 5^h0 le ciel a été serein, mais on ne voyait aucune aurore.

le 10 janvier.

- 7,9. Deux draperies à l'W et au N. Eclat 3, 4.
- 8,4. Lueur diffuse par ci par là. Eclat 5.
- 9,0. Deux colonnes à l'W. Eclat 5.
- 9,5. Lueur diffuse au N. Eclat 5.
- 10,0. Pas d'aurore.
- 10,5. Idem.
- 11,0. Idem.

le 13 janvier.

- 19,0. Pas d'aurore.
- 19,8. Nuage d'aurore au N. Eclat 4.
- 20,5. Pas d'aurore.
- 21,0. Idem.
- 21,8. Lueur diffuse à l'E. Eclat 4.
- 22,5. Pas d'aurore.

le 16 janvier.

Après 21^h0 le ciel a été serein, mais il n'y avait pas d'aurores.

le 22 janvier.

- 1,0. Pas d'aurore.
- 2,0. Idem.
- 2,3. Nuage d'aurore peu déterminé au SE. Eclat 4.

le 24 janvier.

- 6,5. Faisceau de rayons à l'E. Eclat 2.
 7,0. Idem. Eclat 3.
 7,5. Idem. Eclat 4.
 8,0. Idem. Eclat 4.
 10,0. Aurore derrière les nuages au SW et à l'E. Eclat 2.

le 26 janvier.

- 4,3. Bande traversant le zénith de l'E à l'W. Eclat 2. — Arc diffus au N. Eclat 4.
 5,5. Deux bandes se dirigent du mont Tchébychef vers le mont Savitch; elles se réunissent au-delà du zénith. Eclat 3. — Deux arc diffus au S. Eclat 4.
 6,5. Pas d'aurore.
 6,8. Aurore à couleur d'un très grand éclat. De l'E à l'WSW s'étend une bande large dont le bord septentrional assez tranché est rose, tandis que le bord diffus est vert et le milieu violet. Elle s'abaisse vers l'horizon sud. Eclat 1—2 (Fig. 30). — Il se forme parfois des tourbillons au zénith. Eclat 2. — Arc diffus au N. Eclat 3.
 7,8. Lueur diffuse sur tout l'hémisphère sud. Eclat 4. — On voit à travers les nuages à l'W et au N une aurore à éclat 2.
 8,7. Plaques partout. Eclat 4.
 15,0. Arc rayé au NW s'étendant du NE au SW. Eclat 4.
 16,0. Colonnes au NE. Eclat 4.
 17,0. Colonnes à l'WNW. Eclat 4.
 18,0. Colonnes au N et à l'W. Eclat 5, 4.
 19,0. On ne voit pas d'aurore.



Fig. 30.

le 27 janvier.

- 4,0. Trois bandes s'échappent de derrière le mont Savitch vers le mont Tchébychef. L'une passe au N tout près du zénith, l'autre au S tout près du zénith et la troisième au milieu d'elles. Eclat 3.
 5,0. Nuages d'aurore à l'W, à l'E et au S. Eclat 4.
 6,0. Deux faisceaux de rayons à l'W. Eclat 4. — Un faisceau à l'E. Eclat 4. — Un autre faisceau apparaît de derrière le mont Tchébychef au SE. Eclat 2. — Lueur diffuse au S. Eclat 4.
 7,2. Lueur diffuse par ci par là à l'E et au S. Eclat 4.

- 8^h7. Eventails larges formés de faisceaux de rayons à l'E et à l'W. Eclat 3, 4.
 9,6. Plaques au NE. Eclat 3.—Lueur diffuse dans les différents endroits à l'W. Eclat 4.
 10,8. Lueur diffuse par ci par là. Eclat 5.
 12,3. Idem.
 Jusqu'à 18^h0 plaques peu développées par ci par là. Eclat 5.

le 28 janvier.

- 3,0. On ne voit pas d'aurore.
 3,5. Deux bandes venant de derrière la montagne à l'W s'étendent vers l'E. L'une passe au S tout près du zénith, l'autre au N. Eclat 5, 4.
 4,2. Arc large diffus au S. Eclat 3.
 4,8. Trois draperies se développent de derrière le mont Savitch. Elles se réunissent au NNE. Eclat 2. — Lueur diffuse à l'E et au S. Eclat 5.
 5,3. Deux arcs rayonnés, au S. Eclat 3. — Aurore d'un gris-sale au NE. Eclat 4 (Fig. 31).
 5,7. Une bande-serpent se tortille près du zénith allant de l'E à l'W. La circulation de la masse lumineuse s'y produit tantôt de l'E à l'W, tantôt dans la direction opposée. Eclat 2. — Lueur diffuse d'un gris-sale se détache de ce serpent et parvient jusqu'à l'horizon sud. Eclat 4.
 6,1. Lueur diffuse sur tout l'hémisphère sud. Eclat 4.
 6,4. Bande très large au S. Eclat 3—4.
 6,8. Arc diffus au S. Eclat 4. — Lueur diffuse au-dessus de cet arc s'étend jusqu'à l'hémisphère nord. Eclat 4.
 7,6. Arc mince au S, près de l'horizon. Eclat 3.
 8,1. Draperie large formée de rayons distincts avec bordure, au S. La masse lumineuse à nuances roses et vertes coule dans la bordure d'un côté et d'autre. Le contour inférieur de la bordure plus net est rose, tandis que le côté supérieur et vert. Eclat 2 (Fig. 32).



Fig. 31.

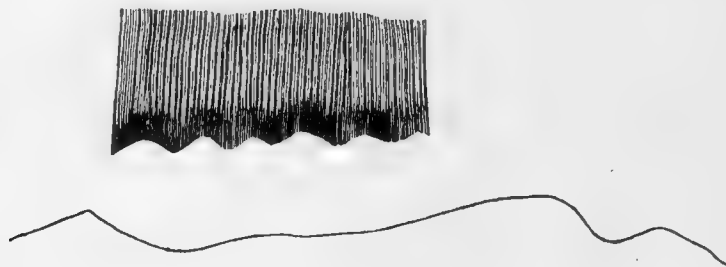


Fig. 32.

- 8,8. Couronne qui n'atteint pas le N. Eclat 3.—Bande large passant de l'E à l'W où on voit circuler la masse lumineuse. Eclat 2.
 8,9. Eventail de rayons à l'W. Eclat 3.

- 9,8. Lueur diffuse près de l'horizon au S. Eclat 5.
 12,3. Arc rayé au N. Eclat 4. — Un autre arc apparaît au NW. — Colonne à l'ENE. Eclat 4. — Lueur diffuse à l'E et au S. Eclat 5.
 12,8. Deux faisceaux de lumière à l'W et au N. Eclat 4. — Lueur diffuse à l'E et au S. Eclat 5.
 13,8. Arc large diffus au S. Eclat 3. — Deux faisceaux de lumière à l'E et à l'W. Eclat 4.
 14,3. Faisceau de rayons à l'W. Eclat 4. — Lueur diffuse au S et à l'E. Eclat 4, 5.
 15,2. Lueur diffuse sur tout le ciel. Eclat 5.

le 1 février.

De 3^h0 à 9^h0 pas d'aurore.

- 9,8. Arc rayé près du zénith, au S. Eclat 5.
 10,0. Pas d'aurore.
 10,5. Idem.

le 2 février.

- 4,5. Pas d'aurore.
 5,5. Idem.
 6,0. Idem.
 7,0. Rayon s'élevant de derrière le mont d'est. Eclat 3.
 7,5. Deux arcs diffus au S. L'éclat de l'arc inférieur près de l'horizon est 4, celui du supérieur 5. — Lueur diffuse sur tout l'hémisphère sud. Eclat 5.
 8,0. Draperie à couleurs rouges et vertes au S. Un mouvement très rapide se produit parfois de l'E à l'W dans la draperie; le rouge précède le vert-jaunâtre; à chaque moment d'arrêt le contour inférieur devient tranché et rouge, tandis que le contour supérieur reste diffus et vert. Eclat 2 (Fig. 33). — Couronne au dessus de la draperie. Eclat 3.
 9,0. Une bande large traversant le zénith s'étend du NE au SW. Eclat 3. — Lueur diffuse sur tout le S. Eclat 5.
 9,8. Arc large rayé au S. Eclat 3. — Rayons isolés minces et courts s'échappent de derrière le mont Tchébychef. Eclat 3.
 11,0. Pas d'aurore.
 12,0. Idem.
 13,0. Colonne mince au NE. Eclat 4.



Fig. 33.

le 3 février.

- 9,0. Faisceau de lumière à l'WSW. Eclat 3.
 10,0. Bande au S s'étendant de l'E à l'W. Eclat 3.
 11,0. Colonnes pâles au S. Eclat 4.
 12,0. Lueur diffuse à l'W. Eclat 4.

- 13,0. Pas d'aurore.
 14,0. Idem.
 15,0. Idem.
 16,0. Colonne au NE. Eclat 4.

le 4 février.

- 7,1. Lueur diffuse sur tout le ciel. Eclat 4.
 7,8. Bande mince sinueuse s'étend de l'W à l'E en passant près du zénith. Eclat 2.—
 Lueur diffuse au S. Eclat 4.— Couronne pâle qui n'atteint pas le S. Eclat 3.
 8,5. Couronne à centre au S tout près du zénith. Elle n'atteint pas le N. Eclat 3.
 8,8. Arc mince diffus au S. Eclat 3.
 9,3. Idem.
 9,5. Couronne qui n'atteint pas le N. Sa partie inférieure s'est formée de l'arc précédent. Eclat 3.
 9,9. Lueur diffuse à l'E. Eclat 4.
 10,0. Couronne complète à centre au S tout près du zénith. Eclat 3.— Parfois les tourbillons se forment au centre de la couronne, tandis qu'à la base, au S, la masse lumineuse coule d'un côté et d'autre. Eclat 2.
 10,4. Lueur diffuse près du zénith. Eclat 4.
 10,8. Draperies au NE. Eclat 3.— Rayons fins, courts, isolés s'échappent de derrière le mont Tchébychef. Eclat 3.— Lueur diffuse au S et à l'W. Eclat 4.
 11,3. Bande traversant le zénith s'étend du S au N et se dissipe au N. Eclat 3.— Nuages d'aurore à l'W.— Lueur diffuse au S. Eclat 5.
 12,0. Lueur diffuse à l'W, à l'E et au NE. Eclat 4.
 12,1. Rayon tordu et long à l'W. Il se déplace à droite. Eclat 2.— Lueur diffuse à l'E et au NE. Eclat 4.



Fig. 34.

- 12,5. Lueur diffuse sur tout le ciel. Eclat 4.
 12,8. Lueur diffuse au S et à l'E. Eclat 5.— Faisceau de lumière à l'W. Eclat 3.
 13,2. Eventail composé de draperies à l'W. Eclat 3 (Fig. 34).— Lueur diffuse au S et à l'E. Eclat 5.

- 13,4. Lueur diffuse à l'W et au N. Eclat 4.
13,9. Lueur diffuse à l'W. Eclat 5.
14,3. Faisceau de lumière s'élevant de derrière la montagne à l'W. Eclat 4.

le 8 février.

- 9,0. Bande au S, passant près du zénith de l'E à l'W. Eclat 3.—Lueur diffuse à l'W, au S et au N. Eclat 4.
9,7. Lueur diffuse au NE. Eclat 4.
10,0. Lueur diffuse au S et à l'W. Eclat 5.
10,3. Lueur diffuse à l'W. Eclat 5.
11,0. Pas d'aurore.
11,8. Idem.

le 9 février.

- 4,0. Arc rayé près de l'horizon au S. Eclat 4.
4,7. Arc rayé à la hauteur moyenne au S. Eclat 4.
5,2. Bande passant près du zénith au S. Eclat 5.
5,3. Arc au S. Eclat 4.
6,0. Bande double passant près du zénith au S. Eclat 4. — Arc au N. Eclat 5. — Lueur diffuse sur tout le ciel. Eclat 5.
6,8. Pas d'aurore.
7,8. Nuage d'aurore au N. Eclat 4.
8,8. Bande large allant de l'E à l'W. Eclat 4.
12,0. Pas d'aurore.

le 10 février.

- 6,9. Faisceau de rayons s'élève de derrière la montagne à l'E. Eclat 3. — Le reste de la journée il n'y a presque pas eu d'aurores.

l'11 février.

Ciel serein, mais on ne voyait pas d'aurores dont l'éclat dépasserait 5.

le 12 février.

- 4,3. Arc rayé au S. Eclat 4. — Faisceau de rayons s'élève de derrière la montagne à l'E. Eclat 4.
4,9. Bande très large traverse le zénith en se dirigeant de derrière le mont Tchébychef vers le mont Savitch. Eclat 3.
5,6. Arc diffus au S. Eclat 4.

- 6,5. Lueur diffuse dans de différents endroits. Eclat 5.
- 6,8. Faisceau de rayons sortant de derrière le mont Tchébychef. Eclat 4.
- 7,5. Arc au S. Eclat 4.
- 8,3. Bande large traversant le zénith se dirige de derrière le mont Tchébychef jusqu'au-delà du mont Savitch. Eclat 2. La masse lumineuse coule dans la bande de l'E à l'W.
- 8,8. Lueur diffuse par ci par là. Eclat 5.
- 9,4. Couronne indéterminée. Eclat 3.
- 9,8. Pas d'aurore.
- 10,7. Idem.
- 11,3. Idem.

le 13 février.

- 4,0. Pas d'aurore.
- 5,0. Idem.
- 5,5. Idem.
- 5,8. Bande large passant au S du zénith s'étend de l'E à l'W. Eclat 3.
- 6,3. Idem.
- 6,7. Idem. Eclat 4.
- 7,0. Idem. Eclat 5.
- 7,3. Deux bandes venant de derrière le mont Tchébychef jusqu'au-delà du mont Savitch traversent le zénith. Eclat 5.
- 8,0. Lueur diffuse dans de différents endroits. Eclat 5.
- 9,2. Pas d'aurore.
- 10,3. Idem.
- 11,5. Idem.

le 14 février.

- 4,5. Rien de déterminé.
- 5,0. Plusieurs bandes minces viennent de derrière le mont Tchébychef et passent près du zénith de l'W à l'E. Eclat 5.
- 5,5. Arc rayé au S. Eclat 5.
- 5,8. Arc au SW. Eclat 5.
- 6,3. Lueur diffuse sur tout l'hémisphère sud. Eclat 4. — Bande dans laquelle on voit couler la masse lumineuse s'étend à travers le zénith de l'E à l'W. Eclat 2.
- 7,0. Lueur diffuse sur tout le sud. Eclat 3. — Quatre bandes passant au N du zénith s'étendent de l'E à l'W. Eclat 2.
- 7,5. Draperie peu prononcée à l'W. Eclat 2. — Lueur diffuse au S, à l'E et au zénith. Eclat 4.
- 8,2. Lueur diffuse à l'W, à l'E, au S et au zénith. Eclat 4, 5.

- 8,4. Grand rayon au SW. Eclat 3.
- 9,0. Lueur diffuse par ci par là à l'exception du nord. Eclat 4, 5.
- 9,8. Idem.
- 10,3. Idem.
- 11,0. Idem.

le 16 février.

- 4,5. Rien de prononcé.
- 5,0. Idem.
- 5,5. Deux arcs au S, l'un au-dessus de l'autre. Eclat 2.
- 6,2. Arc au S. Eclat 3. — Couronne qui ne parvient pas jusqu'au N. Eclat 3.
- 6,3. Bande se dirigeant du mont Tchébychef vers le mont Savitch. Eclat 2. — Lueur diffuse au sud de cette bande. Eclat 3. — Rayons de peu de longueur partent du zénith dans toutes les directions. Eclat 3.
- 6,9. Trois arcs rayonnés s'étendant de l'W à l'E. Eclat 3. — Lueur diffuse au S. Eclat 3.
- 7,5. Lueur diffuse en plusieurs endroits au S. Eclat 5.
- 8,1. Arc large rayonné au S. Eclat 3.
- 8,5. Lueur diffuse par ci par là au S. Eclat 5.
- 8,9. Une draperie se développe de derrière le milieu de la montagne à l'E. Elle se termine en spirale au S. Eclat 2.
- 9,6. Lueur diffuse à l'E et au NE. Eclat 5.
- 9,8. Lueur diffuse à l'E et au S. Eclat 5.
- 10,7. Lueur diffuse en plusieurs endroits. Eclat 5.

le 17 février.

- 4,5. Rien de prononcé.
- 5,5. Bande large passant près du zénith de l'E à l'W. Eclat 3. — Arc rayé au S. Eclat 3.
- 6,4. Deux arcs au S. Le supérieur de construction rayonnée est plus large que l'inférieur. Eclat 3.
- 7,1. Idem. — Faisceau de rayons au SE. Eclat 3.
- 7,8. Arc large diffus au S. Eclat 3.
- 8,5. Deux draperies, l'une au-dessus de l'autre, à l'WNW. Eclat 3.
- 9,1. Deux bandes s'étendent de derrière le mont Savitch vers le mont Tchébychef. L'une traverse le zénith, l'autre passe au S tout près du zénith. Eclat 3.
- 10,2. Faisceau large de rayons venant de derrière le mont Savitch. Un rayon de ce faisceau se dirige vers le mont Tchébychef en traversant le zénith. Eclat 3.
- 14,0. Faisceau large de lumière au-dessus du mont Savitch. Eclat 4.

le 18 février.

- 7,2. Couronne typique à centre au S tout près du zénith. Elle n'atteint pas le N. Eclat 2.
- 8,1. Aurore visible à travers les nuages à l'W. — Faisceau de rayons s'élève de derrière le mont Tchébychef. Eclat 3.
- 9,0. Aurore visible à travers les nuages.
- 10,0. Idem.

le 19 février.

- 5,0. Pas d'aurore.
- 6,0. Arc diffus au S. Eclat 3.
- 6,3. Une partie de l'arc précédent au SW. Eclat 4.
- 6,8. Le même arc. Il baisse lentement.
- 7,3. Arc au S. Eclat 2.
- 8,1. Couronne dont le centre est au zénith. Eclat 2. Elle s'est formée de l'arc précédent. — Tout le mont Tchébychef est entouré de rayons isolés fins, courts et parallèles. Eclat 2.
- 8,3. Tout l'hémisphère sud est occupé par une aurore d'un gris-sale. Eclat 3. Au bord de cette aurore la masse lumineuse coule de derrière le mont Tchébychef jusqu'au-delà du mont Savitch en traversant le zénith. Eclat 2.
- 8,5. Arc au S. Eclat 3, 5.
- 9,3. Partie de l'arc précédent au SW. Eclat 3.
- 10,0. Couronne dont le centre est au S tout près du zénith. Elle n'atteint pas le N. Eclat 2. — Draperie se développant de derrière le mont Savitch à l'WSW. Eclat 3.
- 10,5. Aurore d'un gris-sale au S. Eclat 3. Au bord de cette aurore une bande passe de l'E à l'W, au S tout près du zénith. Eclat 2.
- 10,8. Rayons isolés et faisceau de rayons descendent du zénith à l'E, au N et à l'WSW. Eclat 3.
- 11,5. Lueur diffuse par ci par là. Eclat 4.
- 12,0. Idem. Eclat 5.

le 20 février.

- 5,0. Pas d'aurore.
- 6,3. Arc diffus au S. Eclat 3, 4.
- 6,8. Idem. Eclat 3.
- 7,3. Le même arc. Eclat 4. — Rayons fins perpendiculaires à l'arc au SE. Eclat 2 (Fig. 35).
- 7,6. Couronne typique avec bordure à nuances roses et vertes. Eclat 2.

- 8,1. Rideau large dans l'hémisphère sud. Eclat 3. — Draperies descendant du zénith dans toutes les directions. Eclat 3.



Fig. 35.

- 8,2. Arc rayé au S. Eclat 2. — Faisceau de rayons venant de derrière le mont Tchébychef se lance vers le sud, puis tourne en haut et va se terminer au-dessus du milieu du mont Tchébychef. Eclat 2, 3 (Fig. 36).



Fig. 36.

- 8,5. Arc au S. Eclat 4.
 8,8. Arc au S. Eclat 5. — Draperie au-dessus de l'arc au SE. Eclat 3. — Rayons venant de derrière le mont Tchébychef. Eclat 2 (Fig. 37).
 9,5. Arc au S. Eclat 4.
 10,5. Idem.
 11,5. Idem.
 12,2. Idem.

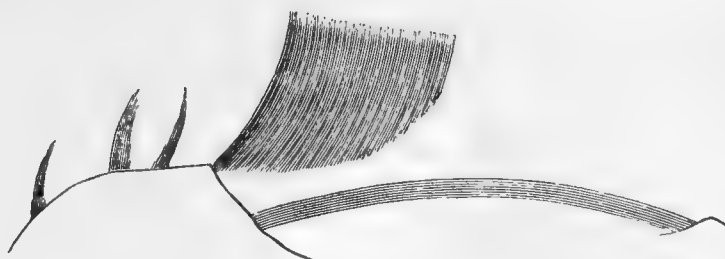


Fig. 37.

le 21 février.

- 5,5. Bande passant près du zénith se dirige de derrière le mont Tchébychef vers le mont Savitch. Il s'y produit un mouvement saccadé de la masse lumineuse. La bande se déplace vers le sud, baisse et se transforme en arc. Eclat 2.
 6,3. Arc au S. Eclat 2.
 6,4. Arc à nuances rouges au S. La masse lumineuse dans la partie inférieure de l'arc coule tantôt à gauche, tantôt à droite. Eclat 1-2 (Photogr. № 10).
 6,6. Arc au S. Eclat 2.
 7,0. Deux arcs au S, l'un au-dessus de l'autre. — Rayons fins perpendiculaires à l'arc supérieur au SE. Eclat 2. — Aurore sortant de derrière les nuages à l'W. Eclat 3.

- 7,3. Arc large formé des deux arcs précédents. Eclat 3.
- 8,0. Lueur diffuse au SW. Eclat 4.
- 8,5. Lueur diffuse au SE. Eclat 4.
- 8,9. Idem.
- 9,8. Idem.
- 10,5. Arc au S. Eclat 4.
- 11,5. Lueur diffuse en plusieurs endroits du ciel. Eclat 5.

le 22 février.

- 7,4. Pas d'aurore.
- 8,0. Lueur diffuse au SE et à l'WNW. Eclat 5.
- 8,5. Arc diffus au S. Eclat 3.
- 8,8. Lueur diffuse au S. Eclat 5.
- 9,5. Faisceau de lumière s'élance de derrière la montagne au SW. Eclat 4. — Lueur diffuse au S. Eclat 5.
- 10,1. Draperie sinueuse se déroulant de derrière la montagne au SW. Le bord tranché est rouge, le diffus est vert. Eclat 2 (Photogr. № 11). — Lueur diffuse au S et au zénith. Eclat 4.
- 10,4. Lueur diffuse sur tout l'hémisphère sud. Eclat 4.
- 10,9. Arc diffus au S. Eclat 5.
- 11,5. Lueur diffuse au S. Eclat 5.

le 23 février.

- 7,0. Rien de prononcé.
- 7,8. Arc au S. Eclat 5. — Bande rayonnée traverse le zénith en allant de l'E à l'W. Eclat 3.
- 8,3. Traces de l'aurore précédente.
- 8,8-9,3. Arc rayonné au S. Eclat 3.
- 9,3. Arc diffus au S près de l'horizon. Eclat 5.
- 9,9. Idem.
- 11,0. Idem.
- 11,3. Une couronne se forme; le centre en est au S tout près du zénith; elle ne parvient pas jusqu'au N. Eclat 3.
- 11,5. La couronne précédente disparaît. A sa place paraît une autre couronne. Eclat 3.
- 11,9. Couronne complète avec centre au zénith. Eclat 3.
- 12,1. Lueur diffuse à l'W. Eclat 3.
- 12,5. Draperie au S. Eclat 4. — Colonnes larges à l'E et à l'W. Eclat 5.
- 12,8. Bande à l'E. Eclat 4. — Colonne à l'W. Eclat 3. — Lueur diffuse au S. Eclat 5.
- 13,2. Colonnes au SW et NE. Eclat 4. — Lueur diffuse par ci par là. Eclat 5.

le 26 février.

- 7,3. Aurore d'un gris-sale se répand du zénith dans toutes les directions. Eclat 3.
7,8. Arc au S. Eclat 2.
8,3. Aurore d'un gris-sale près du zénith. Eclat 3.
9,5. Pas d'aurores.
9,8. Idem.
10,3. Idem.
10,5. Lueur diffuse en plusieurs endroits au S. Eclat 5.
11,2. Pas d'aurore.

le 27 février.

- 6,2. Bande rayonnée au S, venant de l'E à l'W. Eclat 2.
6,6. Arc au S, près de l'horizon. Eclat 4.
7,0. Le même arc. — Deux faisceaux de rayons à l'E. Eclat 3.
8,2. Faisceau large de rayons au-dessus du mont Tchébychef. Eclat 3. — Lueur diffuse au S. Eclat 4. — Aurore au-dessus du mont Savitch. Eclat 2.
8,8. Lueur diffuse au S, à l'E et à l'W. Eclat 3.
9,5. Rayons descendant du zénith dans toutes les directions. Eclat 3.
9,8. Rayons et lueur diffuse à l'WSW. Eclat 3.
10,2. Rayons parallèles isolés au-dessus de tout le sommet du mont Tchébychef. Eclat 2. — Lueur diffuse au S. Eclat 4. — Colonne et éventail de rayons au SW. Eclat 3.
10,6. Rayons sortant de derrière la montagne à l'WSW. Eclat 3. — Colonnes se dirigeant vers le zénith au NE; elles se transforment en tourbillons. Eclat 2. — Lueur diffuse au S. Eclat 4.
11,1. Lueur diffuse par ci par là. Eclat 4.
11,4. Bande large se dirige de derrière le mont Savitch vers le mont Tchébychef en traversant le zénith. Eclat 3. — Lueur diffuse au S. Eclat 4.
11,6. Rayons et lueur diffuse à l'WSW. Eclat 3 (Photogr. № 22).
11,8. Lueur diffuse dans différents endroits à l'E, au S et à l'W. Eclat 5.
12,4. Idem. Eclat 4.
12,8. Bande traversant le zénith du SSW au N. Eclat 3. Embranchement se dirigeant vers le S. — Colonnes à l'E. Eclat 3.
13,1. Lueur diffuse sur tout le ciel. Eclat 4.
14,0. Lueur diffuse par ci par là. Eclat 4.

le 2 mars.

- 11,8. Bande large passant à l'E tout près du zénith s'étend du SW au NE. Eclat 3.
12,5. Un arc se forme au S près de l'horizon. Eclat 4. — Plaques et colonnes à l'W, au N et au NE. Eclat 4.

- 12,8. Arc au S près de l'horizon. Eclat 4.
 13,2. Arc large au S. Eclat 4.
 13,8. L'arc précédent se rétrécit et s'élève. Eclat 3. — Bande allant du NE au SW. Eclat 3.

le 4 mars.

- 7,8. Deux arcs au S. Eclat 3. — Lueur diffuse entre eux. Eclat 4.
 8,2. Traces des arcs précédents au SE. Eclat 4.
 8,5. Arc au S. Eclat 5. — Colonne mince au SW. Eclat 3.
 8,9. Arc au S. Eclat 4.
 9,2. Arc au S. Eclat 3.
 9,3. Grand nuage d'aurore à l'WSW. Eclat 3 (Photogr. № 23).
 9,4. Couronne dont le centre est au S tout près du zénith. La partie inférieure de la couronne au S s'étend en forme d'un arc de l'E à l'W. Eclat 4.
 10,0. Pas d'aurore.
 11,0. Idem.
 11,5. Idem.
 15,0. Idem.

le 5 mars.

- 6,8. Faisceau de rayons parallèles venant de derrière la montagne à l'E. Eclat 3.
 7,1. Arc au S. Eclat 4.
 7,6. Pas d'aurore.
 8,0. Arc au S. Eclat 4. — Faisceau de rayons au-dessus du mont Tchébychef. Eclat 3.
 8,3. Arc au S. Eclat 5. — Faisceau de rayons se dirigeant de derrière le mont Tchébychef au SE. Eclat 4.
 9,0. Arc diffus au SW. Eclat 5.
 9,5. Idem.
 10,0. Idem.
 10,3. Lueur diffuse au S, près de l'horizon. Eclat 5.
 11,0. Colonne au SW. Eclat 5.
 11,5. Pas d'aurore.

le 6 mars.

- 7,3. Rayons parallèles au SE. Eclat 3.
 7,6. Pas d'aurore.
 8,0. Arc au S. Eclat 3. — Une draperie se développe de derrière le mont Tchébychef au SSE. Eclat 2 (Fig. 38). Le bord inférieur de la draperie est rose.

de 8^h0 à 9^h3. Couronne complète avec centre au zénith se forme plusieurs fois. Eclat 3. — Bandes se dirigeant de l'W à l'E au-delà du mont Tchébychef. Ces bandes sont



Fig. 38.

roses (bord tranché), violettes et vertes (bord diffus). La masse lumineuse coule de l'W à l'E. Eclat 2. — Draperies et tourbillons au zénith. Eclat 2.

- 9,7. Traces de lueur diffuse au S. Eclat 5.
- 10,3. Idem.
- 10,8. Faisceau de rayons venant de derrière la montagne au SSW. Eclat 4.
- 11,5. Couronne avec centre près du zénith; elle ne parvient pas jusqu'au N. Eclat 3.
- 12,1. Pas d'aurore.
- 12,3. Draperie au SW. Eclat 4.
- 12,8. Couronne dont le centre est au S tout près du zénith. — Draperies au S. Eclat 3. — Rayons verticaux s'élancent de derrière les montagnes au S. Ils paraissent d'abord au SSE, puis chaque nouveau rayon s'élance un peu plus à droite. Eclat 2.
- 13,3. Pas d'aurore.
- 13,8. Lueur diffuse au NE et au S. Eclat 5.
- 14,2. Pas d'aurore.

le 8 mars.

- 6,3. Nuages d'aurore au SSW. Eclat 3.
- 6,8. Bande large se dirigeant à travers le zénith de derrière le mont Savitch jusqu'au delà du mont Tchébychef. Eclat 3.
- 7,8. Lueur diffuse au SE. Eclat 4.
- 8,4. Pas d'aurore.
- 9,2. Colonnes au SSE. Eclat 5.
- 9,8. Faisceaux de rayons parallèles partant du zénith dans toutes les directions. Eclat 3.
- 10,2. Couronne ne s'étendant qu'au S. Eclat 4.
- 10,8. Couronne complète. Eclat 2, 4.
- 11,3. Lueur diffuse par ci par là au S. Eclat 5.

le 14 mars.

- 7,3. Deux arcs, l'un au-dessus de l'autre, au SW et au S. Eclat 3.
- 7,8, 8,0, 8,3, 8,5. Pas d'aurore.

- 8,7. Draperie sinueuse se développant de derrière la montagne au SW. Elle se redresse. Eclat 3. Durée: 2 minutes.
- 9,0. Bande traversant le zénith s'étend de l'E à l'W. Eclat 4.
- de 9,0 à 10,5. Tourbillons parfois faibles au zénith avec circulation de la masse lumineuse de l'E à l'W. Eclat 4.—Draperies se développent de derrière la montagne au SW et se déplacent à droite. Eclat 3.—Lueur diffuse au N. Eclat 4.
- 11,2. Faisceau de rayons venant de derrière la montagne à l'W. Eclat 4.
- 11,7. Plaques à l'W et au zénith. Eclat 5.

le 15 mars.

- 8,3. Aurore paraissant derrière les nuages.
- 8,8. Arc au NNW. Eclat 3.
- 9,3. Rayon tordu vertical au SW. Eclat 4.
- 9,7. Faisceau de lumière venant de derrière la montagne à l'E. Eclat 4.—Lueur diffuse dans différents endroits. Eclat 5.
- 9,9. Lueur diffuse au-dessus du mont Tchébychef. Eclat 5.
- 10,3. Pas d'aurore.
- 10,9. Bande sinueuse avec circulation faible de la masse lumineuse du SW au NE, à travers le zénith. Eclat 3.
- 11,3. Draperie large avec déchirures sombres au NE et au zénith. Eclat 5.
- 12,1. Pas d'aurore.
- 12,4. Nuages d'aurore au SE. Eclat 5.

le 16 mars.

- 7,8. Bande traversant le zénith de l'WSW à l'ENE. Eclat 3.
- 8,5. Idem. Eclat 4. Débranchement vers le S.
- 8,8. Faisceau de rayons à l'ESE. Eclat 5.
- 9,0, 9,3, 9,8, 10,3, 10,8. Pas d'aurore.
- 11,5. Deux nuages d'aurore au SW. Eclat 5.
- 11,8, 12,5, 13,2. Pas d'aurore.

le 20 mars.

- 8,3. Arc au NW. Eclat 3. — Colonne au S. Eclat 4.
- 9,0, 9,3. Pas d'aurore.
- 9,8. Bande sinueuse se lance de derrière le mont Savitch et se disperse en rayons au-delà du zénith. Eclat 2, 3.—De derrière le mont Tchébychef s'échappe un faisceau de rayons. Eclat 2. — Lueur diffuse au S. Eclat 5.
- 10,2. Bande traversant le zénith du SW au NE. Eclat 2.—Arc et lueur diffuse au S. Eclat 5.
- 10,3. Arc au S, près de l'horizon. Eclat 4.

- 10,5. Lueur diffuse au S. Eclat 5.
10,9. Idem. — Bande large traversant le zénith de l'E à l'W. Eclat 4.
11,5. Arc au S. Eclat 4. — Rayons s'échappent de derrière la montagne au SW. Eclat 3.
11,8. Arc au NNE. — Plaques au SSW. Eclat 5.
12,2. Pas d'aurore.

le 22 mars.

- 9,0. Bande peu distincte allant du NE au SW. Eclat 5.
9,6, 10,2, 10,5. Pas d'aurore.
11,0. Plaques faibles au NE. Eclat 5.
11,5. Colonnes peu distinctes au SW. Eclat 5.
11,8. Pas d'aurore.
9,0, 9,5. On ne voit pas d'aurore.
10,1. Draperie au S, près de l'horizon. Eclat 3, 2.
10,4. Draperie large à la hauteur moyenne au S. Eclat 4.
10,8. Plaques rayonnées au S et au SW. Eclat 5.
11,3, 11,7, 13,0. On ne voit pas d'aurore.

le 25 mars.

- 9,0. Rayons peu prononcés au SW. Eclat 4.
10,0, 11,0, 12,2. On ne voit pas d'aurore.

le 26 mars.

- 8,8, 9,3, 10,0. On ne voit pas d'aurore.
10,5. Arc large diffus au SW. Eclat 4.
11,2, 11,6. On ne voit pas d'aurore.

le 27 mars.

- 9,0, 9,5, 10,0. On ne voit pas d'aurore.
10,3. Rayons peu distincts au SE. Eclat 4.
10,8. On ne voit pas d'aurore.





Le mont Tehébyehef et le glacier méridional.



Le mont Savitech et le débouehé du Hornsund sur la mer.



1.



2.



3.

Photographies des aurores boréales.



4.



5.



6.



7.

Photographies des aurores boréales.



8.



9.

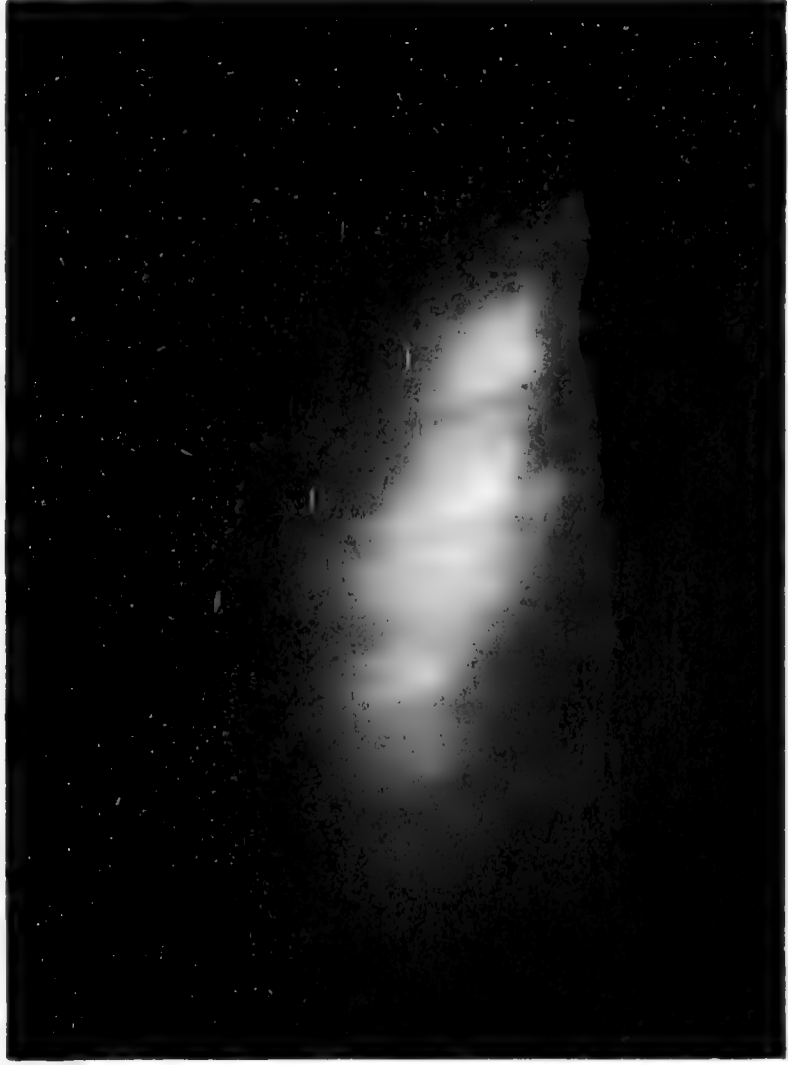


10.

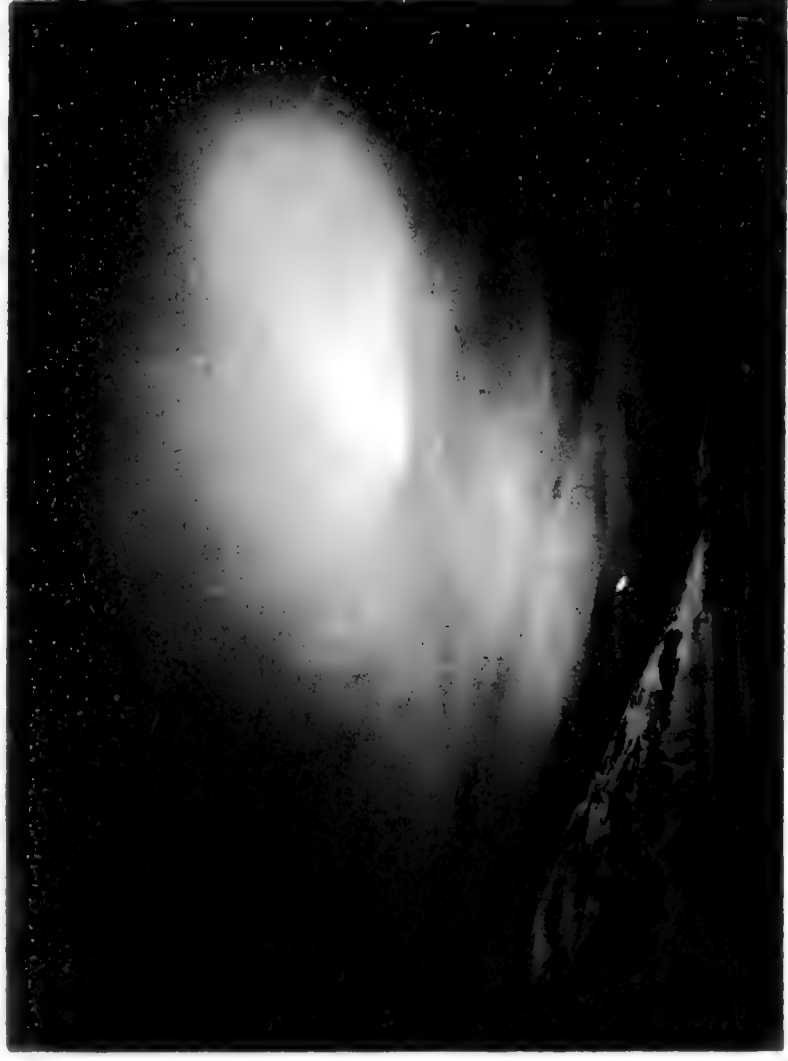


11.

Photographies des aurores boréales.



12.



13.



14.



15.

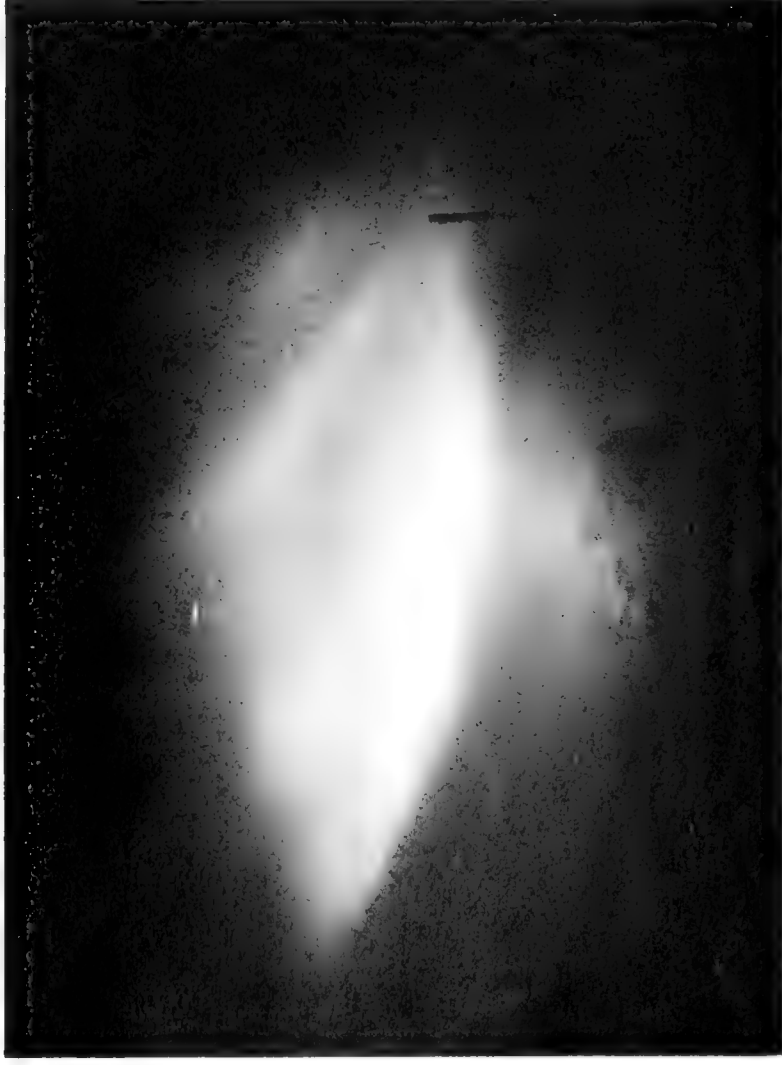
Photographies des aurores boréales.



16.



17.



18.



19.

Photographies des aurores boréales.



20.



21.



22.



23.

Photographies des aurores boréales.

DEC 7 1922

13,373

ЗАПИСКИ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.
MÉMOIRES
DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST-PÉTERSBOURG.
VIII^e SÉRIE.

ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОТДѢЛЕНЮ.

Томъ XIV. № 6.

CLASSE PHYSICO-MATHÉMATIQUE.

Volume XIV. № 6.

ОБЪ
ИСТИННОЙ ПЛОТНОСТИ ХИМИЧЕСКИХЪ СОЕДИНЕНИЙ
И
ЕЯ ОТНОШЕНИЯХЪ КЪ ИХЪ СОСТАВУ И СТРОЕНИЮ.

И. Канонниковъ.

(Доложено въ засѣданіи Физико-математическаго отдѣленія 15 ноября 1900 г.).

С.-ПЕТЕРБУРГЪ. 1903. ST-PÉTERSBOURG.

Продается у комиссіонеровъ Императорской
Академіи Наукъ:

И. Н. Глазунова, М. Эггера и Комп. и К. Л. Риккера
въ С.-Петербургѣ,
Н. П. Карбасникова въ С.-Петерб., Москвѣ, Варшавѣ и
Вильнѣ,
Н. Я. Оглоблина въ С.-Петербургѣ и Кіевѣ,
М. В. Клюкина въ Москвѣ,
Е. П. Распопова въ Одессѣ,
Н. Киммеля въ Ригѣ,
Фоссъ (Г. Гэссель) въ Лейпцигѣ,
Люзакъ и Комп. въ Лондонѣ.

Commissionnaires de l'Académie IMPÉRIALE des
Sciences:

J. Glasounof, M. Eggers & Cie. et C. Ricker à St.-Péters-
bourg,
N. Karbasnikof à St.-Pétersbourg, Moscou, Vársovie et
Vilna,
N. Oglobline à St.-Pétersbourg et Kief,
M. Klukine à Moscou,
E. Raspopof à Odessa,
N. Kummel à Riga,
Voss' Sortiment (G. Haessel) à Leipsic,
Luzac & Cie. à Londres.

Цена: 3 руб. 60 коп. — Prix: 9 Mk.

ЗАПИСКИ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.
MÉMOIRES
DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST-PÉTERSBOURG.
VIII^e SÉRIE.

ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОТДѢЛЕНІЮ.

Томъ XIV. № 6.

CLASSE PHYSICO-MATHÉMATIQUE.

Volume XIV. № 6.

ОБЪ
ИСТИННОЙ ПЛОТНОСТИ ХИМИЧЕСКИХЪ СОЕДИНЕНІЙ

И

ЕЯ ОТНОШЕНІЯХЪ КЪ ИХЪ СОСТАВУ И СТРОЕНІЮ.

И. Канонниковъ.

(Доложено въ засѣданіи Физико-математическаго отдѣленія 15 ноября 1900 г.).



С.-ПЕТЕРБУРГЪ. 1903. ST-PÉTERSBOURG.

Продается у комиссіонеровъ Императорской
Академіи Наукъ:

И. И. Глазунова, М. Эггерса и Комп. и К. Л. Риккера
въ С.-Петербургѣ,
Н. П. Карбасникова въ С.-Петерб., Москвѣ, Варшавѣ и
Вильнѣ,
Н. Я. Оглоблина въ С.-Петербургѣ и Кіевѣ,
М. В. Ключкина въ Москвѣ,
Е. П. Распопова въ Одессѣ,
Н. Киммеля въ Ригѣ,
Фоссъ (Г. Гэссель) въ Лейпцигѣ,
Люзакъ и Комп. въ Лондонѣ.

Commissionnaires de l'Académie IMPÉRIALE des
Sciences:

J. Glasounof, M. Eggers & Cie. et C. Ricker à St.-Péters-
bourg,
N. Karbasnikof à St.-Pétersbourg, Moscou, Varsovie et
Vilna,
N. Oglobline à St.-Pétersbourg et Kief,
M. Klukine à Moscou,
E. Raspopof à Odessa,
N. Kummel à Riga,
Voss' Sortiment (G. Haessel) à Leipsic,
Luzac & Cie. à Londres.

Цѣна: 3 руб. 60 коп. — Prix: 9 Mk.

Напечатано по распоряженію Императорской Академіи Наукъ.

С.-Петербургъ, Октябрь 1903 года.

Непремѣнный Секретарь, Академикъ *Н. Дубровинъ*.

ТИПОГРАФІЯ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ НАУКЪ.

Вас. Остр., 9 линія, № 12.

ВВЕДЕНИЕ.

Общія данныя вопроса.

I.

Какъ извѣстно, сила, съ которой дѣйствуютъ другъ на друга двѣ электрическія массы, находящіяся въ покоѣ, зависитъ не только отъ ихъ величины и разстоянія, но также и отъ природы той среды, которая ихъ окружаетъ и раздѣляетъ. Если эту силу для пустого пространства положимъ $= F$, то въ томъ случаѣ, когда пространство, раздѣляющее дѣйствующія массы, будетъ наполнено какимъ нибудь діэлектрикомъ, она будетъ $= \frac{F}{K}$, гдѣ K есть нѣкоторая постоянная величина, зависящая отъ природы даннаго діэлектрика, такъ наз. діэлектрическая постоянная. Такое измѣненіе въ дѣйствіи электрической силы Фарадей объяснялъ извѣстнымъ строеніемъ діэлектрика, который онъ принималъ за состоящій изъ отдѣльныхъ проводящихъ частичекъ, раздѣленныхъ промежуточными слоями изолятора, т. е. пустого пространства. Индукція, оказываемая на эти частички дѣйствующими электрическими массами, вызываетъ въ нихъ новое распредѣленіе электричества, что и приводитъ къ вышеуказанному измѣненію силы F въ $\frac{F}{K}$. Фарадей далъ и способъ опредѣленія этой діэлектрической постоянной K .

Клаузіусъ, изслѣдуя вопросъ объ отношеніи между строеніемъ изолятора и діэлектрической постоянной, пришелъ къ заключенію, что послѣдняя существенно зависитъ отъ величины наполненія пространства проводящимъ веществомъ. Принимая, что послѣднее состоитъ изъ частичекъ, имѣющихъ шарообразную форму, онъ пришелъ къ выраженію

$$K = \frac{1 + 2v}{1 - v}$$

гдѣ v — та часть всего пространства, занятаго діэлектрикомъ, которая занята проводящимъ веществомъ. Предыдущее уравненіе можно написать иначе:

$$v = \frac{K - 1}{K + 2}$$

Въ случаѣ газовъ, принимая частицы ихъ за шарообразныя, а изолирующіе промежуточные слои за пустое пространство, очевидно, что величина v показываетъ отношеніе объема, дѣйствительно занимаемаго веществомъ, къ его кажущемуся объему.

Разрабатывая электромагнитную теорію свѣта, Максвелъ показалъ, что величина діэлектрической постоянной K должна быть равна квадрату показателя преломленія даннаго тѣла, т. е.

$$K = n^2,$$

что и было доказано опытнымъ путемъ Больтцманомъ и другими.

Принимая это положеніе, мы можемъ написать вышеприведенное уравненіе такъ:

$$v = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2}$$

гдѣ v — также показываетъ отношеніе объема, дѣйствительно занимаемаго даннымъ тѣломъ, къ его кажущемуся объему, т. е. удѣльное наполненіе пространства. Эта величина v — измѣняется сообразно съ плотностью тѣла. Если напр. послѣднее будетъ сжато настолько, что его плотность возрастетъ вдвое, то и дѣйствительное наполненіе веществомъ даннаго пространства будетъ вдвое больше, т. е. величины v и d пропорціональны другъ другу и слѣдовательно

$$\frac{K-1}{K+2} \cdot \frac{1}{d} = \frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{1}{d} = \text{Const.}$$

Какъ извѣстно, независимо другъ отъ друга А. Лоренцъ и Л. Лоренцъ, изслѣдуя отношеніе между показателемъ преломленія и плотностью даннаго тѣла и полагая, что скорость движенія свѣта обуславливается наполненіемъ даннаго пространства веществомъ, пришли къ заключенію, что величина послѣдняго, т. е. $v = \frac{n^2-1}{n^2+2}$, т. е. та же самая, какая выводится изъ діэлектрической постоянной.

Т. о. разными путями мы приходимъ къ одному и тому же заключенію, что величина v — представляетъ собою наполненіе пространства веществомъ, т. е. отношеніе объема, дѣйствительно занимаемаго суммой частичекъ даннаго тѣла, къ его кажущемуся объему, который складывается изъ перваго и того пространства, которое занимаютъ эти частички въ своемъ движеніи. Это положеніе приводитъ къ важному выводу: если v — выражаетъ ту

часть единицы объема, напр. 1 куб. сант., которая дѣйствительно наполнена веществомъ, т. е. его дѣйствительный объемъ, то дѣля на эту величину вѣсъ единицы кажущагося объема даннаго тѣла, т. е. на его обычно опредѣляемую плотность, мы получаемъ величину истинной плотности даннаго тѣла, которая тогда будетъ выражаться уравненіемъ

$$D = \frac{d}{v} = \frac{d}{(n^2-1)/(n^2+2)}$$

гдѣ D — истинная плотность, d — плотность, опредѣляемая при обычныхъ условіяхъ, т. е. вѣсъ единицы кажущагося объема, а v — дѣйствительный объемъ, т. е. объемъ той части кажущагося, которая дѣйствительно наполнена веществомъ; n — показатель преломленія даннаго вещества. Т. о. величина D показываетъ въ граммахъ количество вещества, наполняющее сплошь, при условіи близости къ шарообразной формѣ частичекъ, единицу объема = 1 куб. сант. Для газообразной воды эта величина¹⁾ будетъ = 4.8555 (при 0° и 760^{mm}), для водорода = 0.9670; для кислорода = 7.9029 и т. д.

Въ такомъ именно видѣ было впервые формулировано понятіе объ истинной плотности вещества Ф. Экснеромъ, въ его замѣчательной статьѣ²⁾ «Ueber eine neue Methode zur Bestimmung der Grösse der Molecüle», хотя еще раньше Максвелъ указалъ на возможность опредѣленія этой величины, вычисляя дѣйствительное наполненіе пространства изъ величины діаметра частицъ и ихъ числа, заключающагося въ единицѣ объема. Вычисленная Максвеломъ для воздуха величина истинной плотности = 7.0 близко подходитъ къ полученной по предыдущему 7.58.

Экснеръ однако коснулся вопроса объ истинной плотности веществъ только мимоходомъ и лишь по отношенію къ тѣламъ газообразнымъ, кромѣ того имѣвшійся у него фактический матеріалъ былъ очень недостаточенъ и съ количественной и съ качественной стороны, такъ что ему не удалось вывести какихъ либо опредѣленныхъ заключеній о природѣ этой константы, важное значеніе которой онъ однако хорошо сознавалъ. Послѣ Экснера вопросъ объ истинной плотности вещества никѣмъ не затрогивался.

Изслѣдуя вопросъ о соотношеніяхъ между свѣтопреломляющими способностями даннаго тѣла въ его газообразномъ и жидкомъ состояніи, мы пришли³⁾ къ тому заключенію, что

$$\frac{v}{v_1} = \frac{d}{d_1}$$

гдѣ v и v_1 — свѣтопреломляющая способность или удѣльное наполненіе пространства даннаго тѣла въ его газообразномъ и жидкомъ состояніи, а d и d_1 — соотвѣтствующія плотности. На цѣломъ рядѣ примѣровъ мы видѣли точность этого выраженія, которое можно написать такъ:

1) Величины эти относятся къ фраунгоферовой линіи D . Ниже будетъ указанъ способъ вычисленія, дающій величины истинной плотности, свободныя отъ

вліянія длины волны.

2) Wien. Acad. Berichte 91, Abth. II, 850.

3) Журналъ Русск. Ф. Х. Общ. 1898.

$$\frac{d}{v} = \frac{d_1}{v_1}$$

и тогда получимъ выраженіе истинной плотности даннаго тѣла въ его газообразномъ и жидкомъ состояніи, при чемъ оказывается, что она въ обоихъ случаяхъ должна имѣть одну и ту же величину. Это обстоятельство сразу раздвигаетъ предѣлы вопроса объ истинной плотности и распространяетъ его не только на тѣла газообразныя, но и жидкія, что позволяетъ намъ ближе изучить эту величину и ея отношенія къ другимъ свойствамъ и составу даннаго тѣла.

Для опредѣленія истинной плотности, какъ видно изъ предыдущаго, требуется знаніе величины его обыкновенной плотности и показателя преломленія. Тогда имѣемъ

$$D = \frac{d}{v} = \frac{d}{(n^2-1)/(n^2+2)}$$

или, что проще

$$D = \frac{n^2+2}{n^2-1} \times d$$

Получаемая т. о. величина, будучи помножена на вѣсъ частицы даннаго тѣла, даетъ молекулярную плотность $= MD$, величина которой вполне характеризуетъ данное тѣло и находится, какъ увидимъ, въ тѣснѣйшей зависимости отъ его состава и химическаго строенія. Мы рассмотримъ сначала величины истинной плотности для разныхъ физическихъ состояній даннаго тѣла и уже затѣмъ перейдемъ къ тѣмъ отношеніямъ, которыя имѣютъ мѣсто между нею и ихъ составомъ и строеніемъ, т. е. къ изученію молекулярныхъ плотностей¹⁾.

Какова-же будетъ величина истинной плотности даннаго тѣла во всѣхъ его трехъ физическихъ состояніяхъ: газообразномъ, жидкомъ и твердомъ? При опредѣленіи обычной плотности или уд. вѣса мы получаемъ, какъ извѣстно, величины весьма различающіяся между собою. Такъ для газообразной воды при 0° и 760^{mm} находимъ $d = 0.0008059$; для жидкой воды при 0° $= 0.999874$; для твердой воды при 0° $= 0.91674$; для газообразнаго фосфора при 0° и 760^{mm} $d = 0.002776$, для жидкаго при 0° $= 1.7955$, для твердаго желтаго фосфора²⁾ при 0° $= 1.8430$ и т. д. Это различіе объясняется тѣмъ, что во всѣхъ трехъ случаяхъ мы опредѣляемъ вѣсъ одной и той же единицы объема $= 1$ куб. сант., но количество матеріи, заключающееся во всѣхъ трехъ случаяхъ, будетъ различно. Всего больше ея будетъ при твердомъ состояніи (за исключеніемъ воды и нѣкоторыхъ другихъ тѣлъ), всего меньше — въ газообразномъ. Изъ самаго же опредѣленія понятія объ истинной плотности слѣдуетъ, что послѣдняя представляетъ изъ себя вѣсъ единицы объема $= 1$ куб. сант., сплошь наполненный даннымъ веществомъ, принимая послѣднее за состоящее изъ

1) Гдѣ не указанъ иной источникъ, всѣ опытные данныя заимствованы изъ таблицъ Ландольта, 2-е изд.

2) Вычислено изъ наблюденій Даміена.

очень мелкихъ частичекъ (молекулъ), имѣющихъ шарообразную или близкую къ ней форму. Т. о. выполненіе пространства здѣсь должно быть одинаковымъ для всѣхъ трехъ состояній, что и вытекаетъ изъ выведеннаго нами уравненія $\frac{d}{v} = \frac{d_1}{v_1}$ для тѣлъ газообразныхъ и жидкихъ. Этотъ законъ однако является лишь идеальнымъ, предѣльнымъ, такъ какъ онъ требуетъ, чтобы геометрическая форма частичекъ была бы совершенно точно одинакова для всѣхъ трехъ состояній, что трудно допустить, такъ какъ твердое состояніе представляетъ значительныя отличія отъ двухъ другихъ. Въ самомъ дѣлѣ: въ случаѣ газообразнаго состоянія мы имѣемъ молекулы совершенно свободными отъ взаимнаго притяженія и свободно движущимися въ пространствѣ. Сила сѣпленія между ними, обуславливающая образованіе болѣе сложныхъ, чѣмъ химическая молекула, группъ атомовъ, равна въ нихъ нулю. Въ тѣлахъ жидкихъ она также настолько мала, что мы должны допустить въ нихъ существованіе отдѣльныхъ, свободныхъ молекулъ, не имѣющихъ свободного поступательнаго движенія лишь потому, что сосѣднія молекулы, еще очень близкія къ данной, оказываютъ на нее значительное притяженіе, позволяющее ей свободно двигаться въ сферѣ ихъ притяженія, но не допускающее ее удалиться въ пространство, иначе какъ только съ поверхности жидкости. Въ твердыхъ тѣлахъ мы имѣемъ нѣчто иное: сила взаимнаго притяженія молекулъ въ нихъ такъ велика, что они образуютъ агрегаты болѣе сложные и геометрическая форма этихъ агрегатовъ будетъ значительно отличаться отъ шарообразной. Этимъ объясняется тотъ фактъ, что тѣло въ твердомъ состояніи имѣетъ различное строеніе въ разныхъ направленіяхъ и слѣдовательно различную плотность. Въ немъ составляющіе его агрегаты слагаются, образуя въ разныхъ направленіяхъ различные промежутки между собою, и т. о. наполненіе пространства, т. е. истинная плотность ихъ должна различаться отъ таковой же для жидкаго состоянія, гдѣ выполненіе пространства во всѣхъ направленіяхъ будетъ одинаково и равномерно. Т. о. для тѣлъ газообразныхъ и жидкихъ уравненіе $\frac{d}{v} = \frac{d_1}{v_1}$ будетъ имѣть всю силу, для тѣлъ же твердыхъ, кристаллическихъ, оно будетъ представлять отклоненія (вообще небольшія), зависящія отъ того, что образующіе ихъ агрегаты имѣютъ отличную отъ шара геометрическую форму. Когда твердое тѣло будетъ дезагрегировано на отдѣльныя молекулы, напр. въ случаѣ его растворенія, то очевидно тогда и къ нему будетъ примѣняться приведенное правило. Опытныя данныя вполнѣ подтверждаютъ эти соображенія. Мы рассмотримъ сначала истинную плотность тѣлъ въ ихъ газообразномъ и жидкомъ состояніи и уже потомъ обратимся къ изученію ея для твердаго состоянія и состоянія въ растворахъ.

Какъ мы видѣли выше, для опредѣленія истинной плотности нужно знаніе плотности даннаго тѣла въ обыкновенномъ состояніи и знаніе его показателя преломленія. Съ опытной стороны всѣ эти величины опредѣляются однако далеко не съ одинаковой точностью. Обыкновенная плотность тѣлъ газообразныхъ опредѣляется легко и точно изъ ихъ молекулярнаго вѣса, она, какъ извѣстно, равняется половинѣ послѣдняго. Точно такъ-же точно опредѣляются удѣльный вѣсъ и показатели преломленія жидкихъ тѣлъ, но опредѣленіе показателей пре-

ломленія тѣлъ въ газообразномъ состояніи оставляетъ желать многого. Наблюденія разныхъ авторовъ для одного и того же вещества представляютъ часто весьма значительныя разницы, благодаря большой трудности опредѣленій, особенно когда дѣло касается тѣлъ высоко кипящихъ, легко сгущающихся въ жидкость. Въ этомъ случаѣ небольшія примѣси постороннихъ веществъ и случайное, хотя небольшое, сгущеніе паровъ при наблюденіи дадутъ большія разницы въ опредѣленіи показателя преломленія даннаго тѣла въ газообразномъ состояніи¹⁾. Вслѣдствіе этого точное оправданіе уравненія $\frac{d}{v} = \frac{d_1}{v_1}$ мы находимъ главнымъ образомъ для тѣхъ газообразныхъ тѣлъ, которыя могутъ быть легко получены въ чистомъ состояніи и не очень легко сгущаются въ жидкость. Для остальныхъ же получаются отклоненія, правда очень небольшія и при томъ совершенно сглаживающіяся, если взять среднее изъ наблюденій разныхъ авторовъ. Въ нижеприведенной таб. I, сгруппированъ почти весь имѣющійся въ литературѣ матеріалъ, въ нее не вошли только тѣ наблюденія, которыя у разныхъ авторовъ значительно различаются, что свидѣтельствуетъ о неточности наблюденія или недостаточной чистотѣ препаратовъ. Величины показателей преломленія, а слѣдовательно и истинной плотности, относятся къ натропному свѣту, т. е. Фраунгоферовой линіи D²⁾.

Таблица I. А.

	n_D = газа. при 0° и 760 ^{mm}	d = газа при 0° и 760 ^{mm}	Нбл.	n_D = жидкости при t° .	d = жидкости при t° .	t°	Нбл.
Водородъ	1.000139	0.000089551	Lr	—	—	—	—
Кислородъ	1.000272	0.0014328	Lr	1.22360	1.12400	—182°	Liv. и D. ³⁾
Этиленъ	1.000723	0.0012537	Ms	1.36320	0.5800	—100°	»
Вода	1.000249	0.0008059	Lr	1.33411	0.99987	0°	Ktt
Амміакъ	1.000379	0.00076118	Ms	1.3250	0.6160	16°5	Bl
Ацетонъ	1.001079	0.0025972	Pr	1.36992	0.81678	0°	Ktt
Этильный эфиръ . .	1.001521	0.0033134	Lr	1.36430	0.7360	0°	Olds
Этильный спиртъ . .	1.000871	0.0020596	Lr	1.36946	0.80794	0°	Krt
Метильный спиртъ . .	1.000623	0.001433	Ms	1.32945	0.7953	20°	Ld
Хлор. этиленъ	1.001417	0.004432	Ms	1.44439	1.25014	20°	Wg
Хлор. этилиденъ . . .	1.001410	0.004432	Pr	1.41679	1.17503	20°	Wg
Четырехлор. углеродъ	1.001779	0.006895	Ms	1.46560	1.60950	12°3	Gl
Пентанъ	1.001711	0.0032240	Ms	1.35700	0.62513	15°7	Ld и J ⁴⁾
Ціанъ	1.000822	0.002328	Ms	1.32700	0.8660	18°	Bl

1) Въ своемъ изслѣдованіи объ соотношеніи свѣто-преломляющихъ способностей даннаго тѣла въ его газообразномъ и жидкомъ состояніи (Ж. Русск. Ф. Х. Общ. 1898,) я указалъ способъ точнаго вычисленія показателя преломленія даннаго тѣла въ газообразномъ состояніи изъ его свѣтопреломляющей способности въ жидкомъ видѣ, но здѣсь мы не находимъ возможнымъ пользоваться имъ, изъ весьма попятныхъ соображеній, и предпочитаемъ имѣть дѣло съ опыт-

ными величинами показателей преломленія тѣлъ въ газообразномъ состояніи.

2) Сокращенія именъ наблюдателей означаютъ: Lz = Лоренцъ; Ms = Маскаръ; Pr = Прайцъ; Liv. и D = Ливингъ и Дьюаръ; Bl = Блекроде; Ktt = Кеттелеръ; Krt = Кортенъ; Hg = Гагенъ; Ld = Ландольтъ; Br = Брюль; J = Янъ; Wg = Верманъ, Gl = Гладстонъ.

3) Liveing и Dewar, Phyl. Mag. 1892. 34, 205.

4) Landolt и Jahn, Zeitschr. phys. Chem. 10, 302.

Изъ данныхъ этой таблицы вычисляемъ истинную плотность приведенныхъ веществъ.

Таблица I. В.

	<i>D</i> для газообр. состоянія.	<i>D</i> для жид- кости.	Diff.	Въ ‰	<i>MD</i> для газа.	<i>MD</i> для жидк. состоянія.
Водородъ	0.9670	—	—	—	0.9670	—
Кислородъ	7.9029	7.9060	—0.0031	0.04	126.44	126.49
Этиленъ	2.6015	2.6077	—0.0062	0.24	72.84	73.01
Вода	4.8555	4.8462	+0.0093	0.19	87.39	87.23
Амміакъ	3.0227	3.0300	—0.0073	0.24	51.38	51.51
Ацетонъ	3.6111	3.6117	—0.0006	0.01	209.44	209.47
Этильный эфиръ . . .	3.2683	3.2619	+0.0064	0.19	241.85	241.38
Этильный спиртъ . . .	3.5474	3.5766	—0.0420	0.81	163.18	164.52
Метильный спиртъ . .	3.9156	3.9042	+0.0114	0.29	125.30	125.01
Хлор. этиленъ	4.6926	4.6964	—0.0038	0.08	464.56	464.94
Хлор. этилиденъ . . .	4.7160	4.6745	+0.0415	0.87	466.88	462.77
Четыреххлор. углеродъ	5.8152	5.8150	+0.0002	0.00	798.49	798.52
Пентанъ	2.8274	2.8539	—0.0265	0.93	203.67	205.48
Ціанъ	4.2482	4.2802	—0.0320	0.75	110.45	111.08

Разсматривая эту таблицу, мы съ очевидностью убѣждаемся, что истинная плотность даннаго тѣла въ его газообразномъ и жидкомъ состояніи представляетъ одну и ту же величину, отклоненія ни въ одномъ случаѣ не превышаютъ 1‰, до и то они имѣютъ мѣсто для такихъ веществъ, полная чистота которыхъ трудно достижима, каковы этильный спиртъ, крайне трудно очищаемый отъ воды, хлор. этилиденъ и т. под. Для твердаго состоянія, какъ было сказано выше, величина истинной плотности должна представлять отклоненія отъ нормальной. Въ самомъ дѣлѣ напр. для воды мы имѣемъ для жидкаго состоянія $D_{Na}^{\circ} = 4.8555$, а для льда при той же t° она $= 4.7699$, т. е. имѣетъ величину меньшую, что несомнѣнно находится въ связи съ общеизвѣстнымъ фактомъ расширенія воды при ея замерзаніи, т. е. съ увеличеніемъ при этомъ ея объема $=$ уменьшеніемъ наполненія пространства. Для фосфора для жидкаго состоянія $D_{Na}^{29.2} = 3.4070$ и $MD = 105.52$, а для твердаго, желтаго видоизмѣненія $D_{Na}^{29.2} = 3.4432$ и $MD = 106.73$, разница, какъ и при водѣ, немного отличается отъ 1‰. Ограничимся этими указаніями, позднѣе, при растворахъ, мы подробнѣе займемся истинной плотностью твердыхъ тѣлъ, а теперь обратимся къ изученію этой величины для тѣлъ жидкихъ, какъ представляющихъ наибольшій интересъ, и прежде всего разсмотримъ ту точность въ опредѣленіи этой величины, которая можетъ быть достигнута въ настоящее время. Для этого сопоставимъ опытные данныя разныхъ наблюдателей, относящихся къ одному и тому же веществу, притомъ произведенныя въ одинаковыхъ условіяхъ температуры.

Т. о. мы находимъ

Таблица II.

	t°	Наблюда- тель.	D^t_D	MD	Diff.		t°	Наблюда- тель.	D	MD	Diff.
Вода	0°	Рюльманъ . .	4.8459	87.22	0.01=0.01%	Ацетонъ	20°	Янъ	3.5994	208.76	0.19=0.09%
»	»	Кеттелеръ . .	4.8462	87.23		»	»	Ландольтъ . .	3.5962	208.57	
»	20°	Брюль	4.8478	87.26	0.03=0.03%	Бром. этиленъ	20°	Вегманъ . . .	6.9764	1311.56	2.90=0.22%
»	»	Кеттелеръ . .	4.8495	87.29		»	»	Гагенъ	6.9610	1308.66	
Сѣроуглеродъ .	20°	Назини	3.6038	273.88	0.33=0.12%	Бутиринов. кисл.	20°	Ландольтъ . .	3.9786	350.10	0.46=0.13%
»	»	Вюльнеръ . .	3.6081	274.21		»	»	Брюль	3.9732	349.64	
»	30°	Кеттелеръ . .	3.5560	270.25	0.41=0.15%	Амилън. спиртъ	20°	Брюль	3.2900	289.52	0.33=0.11%
»	»	Гладстонъ . .	3.5506	269.84		»	»	Ландольтъ . .	3.2938	289.85	
Бензолъ	20°	Кнопсъ	2.9866	232.95	0.40=0.17%	Хлор. этиленъ	20°	Вегманъ . . .	4.7026	465.55	0.20=0.04%
»	»	Вегманъ . . .	2.9815	232.55		»	»	Брюль	4.7107	465.35	
»	»	Брюль	2.9847	232.80	0.25=0.10%	Хлор. этилиденъ	20°	Вегманъ . . .	4.6745	462.77	0.06=0.01%
						»	»	Брюль	4.6740	462.71	

Разсматривая эту таблицу, мы видимъ, что при опредѣленіи истинной плотности можетъ быть достигнута точность въ высокой степени. При соблюденіи возможной тщательности наблюдений и при надлежащей чистотѣ препаратовъ разница въ опредѣленіяхъ можетъ быть доведена до 0.1—0.2%, т. е. достигаетъ до величины гораздо меньшей, чѣмъ та, которая требуется¹⁾, какъ увидимъ, для цѣлей химическаго изслѣдованія. Руководясь этимъ критеріемъ, обратимся теперь къ болѣе детальному изученію величины истинной плотности и разсмотримъ теперь вопросъ о вліяніи температуры на эту величину. Начнемъ съ воды, какъ вещества, наилучше изученнаго. Мы будемъ пользоваться данными Кеттелера, произведенными въ широкихъ предѣлахъ температуры отъ -10° до $+100^{\circ}$. Съ ними впрочемъ совершенно согласуются наблюденія другихъ авторовъ, какъ то Рюльмана, Дюфе, Пульфриха, Брюля и пр., которыми мы воспользуемся для провѣрки полученныхъ выводовъ.

1) Оговариваюсь: въ настоящее время, такъ какъ вполне возможно, что при дальнѣйшей разработкѣ вопроса объ истинной плотности откроются новыя соотношенія ея съ химическимъ составомъ и строеніемъ, которыя для своего выясненія потребуютъ большей

точности въ опредѣленіи величины истинной плотности. На этотъ конецъ я и указываю на ту точность, которая легко можетъ быть достигнута и не будетъ превышать сотыхъ долей процента, т. е. величины уже очень малой.

Таблица III.

t°	d_{λ}^t	n_{Li}	n_{Na}	n_{Ti}	D_{Li}^t	(D_{Li}^t)	Разн.	D_{Na}^t	(D_{Na}^t)	Разн.	D_{Ti}^t	(D_{Ti}^t)	Разн.
— 10°	0.99815	1.33149	1.33366	1.33556	4.8726	4.8742	+0.0016	4.8439	4.8442	+0.0003	4.8189	4.8203	—0.0014
± 0	0.99987	1.33194	1.33411	1.33602	4.8751	—	—	4.8451	—	—	4.8212	—	—
+ 10	0.99973	1.33175	1.33392	1.33583	4.8768	4.8759	—0.0009	4.8481	4.8470	—0.0009	4.8231	4.8220	—0.0011
+ 20	0.99825	1.33110	1.33327	1.33517	4.8783	4.8767	—0.0016	4.8495	4.8478	—0.0017	4.8245	4.8228	—0.0017
+ 40	0.99283	1.32878	1.33093	1.33282	4.8804	4.8784	—0.0020	4.8518	4.8494	—0.0024	4.8266	4.8244	—0.0022
+ 60	0.98331	1.32540	1.32753	1.32941	4.8817	4.8800	—0.0017	4.8529	4.8511	—0.0018	4.8276	4.8261	—0.0015
+ 80	0.97191	1.32120	1.32330	1.32516	4.8821	4.8817	—0.0009	4.8537	4.8517	—0.0020	4.8284	4.8277	—0.0007
+ 90	0.96550	1.31886	1.32096	1.32280	4.8829	4.8824	—0.0005	4.8539	4.8525	0.0014	4.8285	4.8285	0.0000
+ 100	0.95863	1.31635	1.31843	1.32025	4.8832	4.8833	+0.0001	4.8541	4.8533	0.0008	4.8289	4.8294	0.0005

Разсматривая эту таблицу, легко убѣдиться, что истинная плотность воды правильно измѣняется съ измѣненіемъ температуры, непрерывно возрастаая при этомъ. Температура +4° не оказываетъ никакого вліянія: величина истинной плотности воды при этой температурѣ стоитъ правильно въ ряду сосѣднихъ и никакого maximum или minimum для нея ни при этой температурѣ, ни при какой другой не замѣчается. Это обстоятельство подтверждается и наблюденіями другихъ авторовъ. Такъ изъ опредѣленій Пульфриха для Na-свѣта находимъ

t°	D_{Na}^t
0°	4.8462
+2	4.8469
+5	4.8482

т. е. никакого отклоненія отъ нормальнаго хода измѣненій въ величинѣ D при 4° не наблюдается.

Измѣненія истинной плотности воды съ повышеніемъ температуры, какъ видно изъ таблицы III, совершаются очень правильно: они могутъ быть очень точно выражены общей формулой

$$D_{\lambda}^t = D_{\lambda}^{\circ} (1 + kt)$$

гдѣ D_{λ}^t = истинная плотность опредѣленная при температурѣ = t° и для волны свѣтовой = λ ; D_{λ}° = истинная плотность при 0° и k — коэффициентъ измѣненія этой величины на 1°. Здѣсь наблюдается очень важное обстоятельство: на величину этого коэффициента длина волны не оказываетъ никакого вліянія. Такъ изъ наблюденій при 0° и 90° для Li-свѣта находимъ величину его $k = 0.0000176$; при тѣхъ же условіяхъ для Na-свѣта $k = 0.0000171$; для Ti-свѣта $k = 0.0000174$; средняя величина = 0.000017. Это объясняется тѣмъ, что измѣненія въ величинѣ D совершаются одинаково съ измѣненіями

температуры. Въ самомъ дѣлѣ, рассматривая величины приращенія на $1^\circ = \Delta 1^\circ$ истинной плотности для разныхъ длинъ волнъ, убѣждаемся, что онѣ имѣютъ одинаковую величину, какова бы ни была длина волны того свѣта, по отношенію къ которой опредѣлялась истинная плотность. Изъ нижеприводимой таблицы IV это ясно видно.

Таблица IV.

λ	$-10^\circ-0^\circ$	$0^\circ-10^\circ$	$10^\circ-20^\circ$	$20^\circ-40^\circ$	$40^\circ-60^\circ$	$60^\circ-80^\circ$	$80^\circ-100^\circ$
Li	0.00025	0.00017	0.00015	0.00010	0.00006	0.00004	0.00003
Na	0.00023	0.00019	0.00014	0.00010	0.00005	0.00004	0.00002
Tl	0.00023	0.00019	0.00014	0.00010	0.00005	0.00004	0.00002
Ср.	0.00024	0.00018	0.00014	0.00010	0.00005	0.00004	0.00002

Благодаря этому, мы всегда имѣемъ возможность вычислить величину D , зная наблюденія при какихъ нибудь двухъ температурахъ. Если неизвѣстно наблюденіе при 0° , то тогда

$$k = \frac{D^t - D^{t'}}{D^t \cdot t' - D^{t'} \cdot t}$$

Въ нашемъ случаѣ мы находимъ величину D изъ наблюденій при 0° и $90^\circ = 0.000017$ и съ помощью ея можемъ вычислить величины истинной плотности при всѣхъ другихъ температурахъ. Эти вычисленныя величины (D^t_λ) приведены въ табл. III, столбцы 6, 9 и 12; изъ сравненія ихъ съ величинами, полученными при опытѣ D^t_λ въ столбцахъ 5, 8 и 11 легко видѣть ихъ полное совпаденіе: наибольшая разница доходитъ только въ одномъ случаѣ до 0.0024, т. е. 0.05%.

Совершенно подобное же явленіе мы наблюдаемъ и для другихъ веществъ, съ однимъ только отличіемъ: для воды коэффициентъ k имѣетъ знакъ $+$, для всѣхъ же остальныхъ, по крайней мѣрѣ изслѣдованныхъ мною, онъ имѣетъ знакъ $-$, т. е. для нихъ величина истинной плотности съ повышеніемъ температуры не увеличивается, а уменьшается. Мы не будемъ больше останавливаться на вопросѣ о вліяніи температуры на величину истинной плотности, оно, какъ сказано, одинаково для всѣхъ веществъ, т. е. величина D правильно измѣняется съ измѣненіемъ температуры по уравненію $D^t = D^0 (1 \pm kt)$, тѣмъ болѣе, что намъ часто придется касаться этого вліянія и неоднократно опредѣлять величину k для разныхъ веществъ, такъ что въ дальнѣйшемъ изложеніи найдемъ немало примѣровъ справедливости вышеприведеннаго уравненія, а теперь обратимся къ очень любопытному вопросу о вліяніи длины волны на величину истинной плотности. Съ перваго взгляда здѣсь является какъ бы недоумѣніе: какимъ образомъ длина волны можетъ вліять на плотность? Но это недоумѣніе разрѣшается очень просто: для опредѣленія истинной плотности, по рассматриваемому способу, требуется знаніе величины показателя преломленія, т. е. величины, показывающей измѣненіе скорости распространенія въ данной средѣ свѣтового колебанія; это измѣненіе за-

виситъ отъ плотности среды и обусловливается тѣмъ сопротивленіемъ распространенію свѣтового движенія, которое оказываетъ данная среда въ силу того, что плотность ея будетъ иная, чѣмъ та, которую имѣла та среда, въ которой сначала имѣло мѣсто движеніе эфирныхъ частичекъ. Это сопротивленіе будетъ различно, смотря по тому, какова будетъ скорость колебанія эфирныхъ частичекъ, или, иначе, какова будетъ длина волны ихъ движенія. Понятно теперь, что мы для всякой длины волны должны получить особое значеніе D и для того, чтобы судить о настоящей ея величинѣ, мы должны освободить ее отъ вліянія длины волны. Это вполнѣ достигается примѣненіемъ къ ней той или другой дисперсіонной формулы. Мы остановились на формулѣ Коши, какъ дающей для цѣлей химическаго изслѣдованія совершенно достаточно точные результаты. Т. о. мы должны положить

$$D_{\lambda}^t = A + \frac{B}{\lambda^2}$$

или

$$D_{\lambda}^t = D_o^t + \frac{B}{\lambda^2} \quad (I)$$

Для вычисленія величинъ D_o и B очевидно необходимо опредѣленіе D_{λ}^t для двухъ какихъ нибудь длинъ волнъ, при данной температурѣ, всего лучше наиболѣе отстоящихъ другъ отъ друга. Этому условію хорошо удовлетворяютъ тѣ свѣтовые колебанія, которыя испускаются водородомъ, раскаленнымъ гальваническимъ токомъ въ Гейслеровской трубкѣ, и которыя имѣютъ длину волны $\alpha = 6563.04$; $\beta = 4861.49$; $\gamma = 4340.16$ (по Эмсу). Этими величинами мы и будемъ пользоваться въ дальнѣйшемъ изложеніи, а теперь обратимся къ наблюденіямъ Кеттелера, для свѣтовыхъ волнъ, испускаемыхъ пламенемъ $Li = 6708.2$, $Tl = 5350.65$ (Кайзеръ и Рунге) и $Na = 5896.15$ (Роуландъ), произведенныхъ въ широкихъ предѣлахъ температуры, такъ какъ эти наблюденія даютъ возможность получить очень любопытные выводы. Для вычисленія по формулѣ Коши мы составляемъ для данной температуры два уравненія и получаемъ (для Li и Tl)

$$D_{Li}^t = D_o^t + \frac{B}{\lambda_{Li}^2}$$

$$D_{Tl}^t = D_o^t + \frac{B}{\lambda_{Tl}^2}$$

откуда имѣемъ

$$D_{Li}^t - D_{Tl}^t = \left(\frac{\lambda_{Tl}^2 - \lambda_{Li}^2}{\lambda_{Tl}^2 \times \lambda_{Li}^2} \right) B \quad (II)$$

гдѣ имѣемъ только одно неизвѣстное — B , вставляя его значеніе въ урав. I, находимъ и величину D_o^t . Если мы будемъ составлять подобныя уравненія для наблюденій при разныхъ температурахъ, то оказывается, что разности $D_{Li}^t - D_{Tl}^t$ или, общее, $D_{\lambda}^t - D_{\lambda_1}^t$ остаются всегда постоянными. Такъ для Li и Tl имѣемъ

$$D_{Li}^t - D_{Tl}^t =$$

$$\text{при } -10^{\circ} = 0.0537$$

$$\text{» } 0 = 0.0539$$

$$\text{» } +10 = 0.0537$$

$$\text{» } +20 = 0.0538$$

$$\text{при } 40^{\circ} = 0.0538$$

$$\text{» } 60 = 0.0541$$

$$\text{» } 80 = 0.0542$$

$$\text{» } 100 = 0.0543 \text{ Среднее} = 0.0539$$

Для $Li-Na$:

при $-10^\circ = 0.0287$	при $40^\circ = 0.0286$
» $0 = 0.0289$	» $60 = 0.0288$
» $+10 = 0.0287$	» $80 = 0.0289$
» $+20 = 0.0288$	» $100 = 0.0291$ Среднее $= 0.0288$

Совершенно тоже явление наблюдается и для другихъ веществъ. Такъ для сѣроуглерода, изъ наблюдений Кеттелера, для линий фраунгофовыхъ D и H находимъ

$$D_D^t - D_H^t$$

при $-10^\circ = 0.2923$	при $20^\circ = 0.2934$
» $0 = 0.2919$	» $30 = 0.2903$
» $+10 = 0.2894$	» $40 = 0.2989$ Среднее $= 0.2910$.

Явление это обуславливается тѣмъ, что измѣненія величины D съ температурой имѣютъ для всѣхъ длинъ волнъ одну и ту же величину или, иначе, длина волны не оказываетъ вліянія на измѣненія величины D съ температурой. Тогда вычисленіе уравненія II значительно упрощается и оно сводится къ виду

$$D_{Li}^t - D_{Ti}^t = -0.012706 B$$

а для линий водорода оно будетъ ¹⁾

$$D_\alpha^t - D_\gamma^t = -0.029860 B.$$

Изъ этого уравненія между прочимъ явствуетъ, что величина B не зависитъ отъ температуры, вслѣдствіе чего мы легко можемъ вычислить величину D_o^t для любой температуры. Выше мы видѣли, что съ измѣненіемъ температуры величина истинной плотности мѣняется согласно уравненію

$$D_\lambda^t = D_\lambda^\circ (1 \pm kt) \quad (\text{III})$$

съ помощью котораго мы всегда можемъ найти величину истинной плотности при $t^\circ = 0^\circ$, если нѣтъ прямого опредѣленія. Соединяя это уравненіе съ уравни. I получаемъ

$$D_\lambda^t = (D_o^\circ - \frac{B}{\lambda^2}) (1 \pm kt) \quad (\text{IV})$$

1) Привожу здѣсь, для облегченія счета, желающимъ, величины λ^2 , ихъ разностей и произведеній:

$\lambda_{Li}^2 = 57.670$ ($\lambda = 7594.059$ по Роуланду)	$\lambda_{H}^2 = 15.750$ ($\lambda = 3968.62$ по Роуланду)	$\frac{\lambda_{Li}^2 - \lambda_{Ti}^2}{\lambda_{Li}^2 \times \lambda_{Ti}^2} = 0.012706$
$\lambda_{Li}^2 = 45.000$ ($\lambda = 6708.2$ по Кайзеру и Рунге)	$\frac{\lambda_{Li}^2 - \lambda_{H}^2}{\lambda_{Li}^2 \times \lambda_{H}^2} = 0.04615$	
$\lambda_{Na}^2 = 34.764$ ($\lambda = 5896.152$ по Роуланду)		$\frac{\lambda_\alpha^2 - \lambda_\gamma^2}{\lambda_\alpha^2 \times \lambda_\gamma^2} = 0.02896$
$\lambda_{Ti}^2 = 28.630$ ($\lambda = 5350.65$ по Роуланду)		
$\lambda_\alpha^2 = 43.073$ ($\lambda = 6563.04$ по Эмсу)	Какъ легко видно, знакъ для величины B будетъ всегда —.	
$\lambda_\beta^2 = 23.634$ ($\lambda = 4861.49$ по Эмсу)		
$\lambda_\gamma^2 = 18.841$ ($\lambda = 4340.66$ по Эмсу)		

общее выраженіе зависимости истинной плотности отъ длины волны и температуры. Для рѣшенія этого уравненія очевидно нужно: 1) два опредѣленія истинной плотности по отношенію къ двумъ различнымъ длинамъ волнъ при данной температурѣ, для вычисленія величинъ D_o^t и B ; 2) два опредѣленія для какой нибудь одной длины волны при разныхъ температурахъ, для вычисленія коэффиціента k , если не имѣется опредѣленія D при 0° . Величина коэффиціента k будетъ

$$k = \frac{D^t - D^{t'}}{D^{t'} \times t - D^t \times t'}$$

Возьмемъ теперь за исходную точку наблюденія Брюля для воды по отношенію къ водороднымъ линіямъ, при $t^\circ = 20^\circ$; плотность воды взята по Тиссену, Мареку и Шеелю.

$$\begin{array}{ll} n_{\alpha}^{2^\circ} = 1.33155 & D_{\alpha}^{2^\circ} = 4.8722 \\ n_{\beta}^{2^\circ} = 1.33756 & D_{\beta}^{2^\circ} = 4.7936 \\ n_{\gamma}^{2^\circ} = 1.34081 & D_{\gamma}^{2^\circ} = 4.7520 \end{array}$$

Изъ наблюденій для α и γ вычисляемъ

$$D_o^{2^\circ} = 4.9657 \text{ и } B = -4.0268.$$

Принимая температурный коэффиціентъ для воды $k = 0.000017$, находимъ по ур. IV

$$D_o^\circ = 4.9640^1).$$

Вставляя найденныя т. о. величины $D_o^\circ = 4.9640$; $B = -4.0268$ и $k = +0.000017$ въ общее уравненіе

$$D_{\lambda}^t = (D_o^\circ - \frac{B}{\lambda^2}) (1 \pm kt)$$

мы можемъ вычислить величину истинной плотности воды при любой температурѣ и для любой длины волны. Сопоставляя вычисленныя т. о. величины съ найденными при непосредственномъ наблюденіи, находимъ ихъ почти полное совпаденіе. Вычисленныя величины заключены въ скобки.

	λ	t°	D_{λ}^t	(D_{λ}^t)	Разн.		λ	t°	D_{λ}^t	(D_{λ}^t)	Разн.
Рюльманъ ..	<i>Li</i>	+50°	4.8806	4.8786	-0.0020	Рюльманъ. . . .	<i>Na</i>	+90°	4.8539	4.8556	+0.0017
»	»	+90	4.8819	4.8819	0	Кеттелеръ. . . .	<i>Tl</i>	- 5	4.8202	4.8219	+0.0017
Кеттелеръ ..	<i>Na</i>	-10	4.8839	4.8473	+0.0034	»	»	+40	4.8266	4.8266	0
Рюльманъ ..	»	0	4.8459	4.8482	+0.0023	Вальтеръ	<i>H</i>	+20	4.7135	4.7100	-0.0035
Брюль	»	+20	4.8478	4.8498	+0.0020	В. д. Виллигенъ	»	+30	4.7115	4.7108	-0.0007
Кеттелеръ. .	»	+50	4.8523	4.8523	0						

1) Прямое опредѣленіе величины D_o° для воды изъ наблюденій Кеттелера, при 0° и для линій *Li* и *Tl*, даетъ величину 4.9693, т. е. очень близкую, разница $0.0053 = 0.1\%$.

Т. е. несмотря на большія разности въ температурѣ и длинѣ волны вышеприведенное уравненіе даетъ совершенно точные результаты. Разность въ величинахъ истинной плотности вычисленной и наблюдаемой не превышаетъ 0.004, что отвѣчаетъ только 0.07%. Въ величинахъ молекулярной плотности эта разница будетъ такова, беремъ наблюденія Вальтера для линіи H при 20° : $MD = 84.84$ и $(MD) = 84.78$; разность $= 0.06$, что отвѣчаетъ 0.07%.

Разсмотримъ еще нѣсколько примѣровъ и возьмемъ для нихъ вещество съ очень большою дисперсіей и плотностью — сѣроуглеродъ; съ большою дисперсіей и малою плотностью — бензолъ; съ очень большою плотностью — тетрабромацетиленъ и вещество съ малою плотностью — гептанъ.

Для сѣроуглерода находимъ изъ наблюденій Кеттелера для фрауэнгоферовыхъ линій D и H температурный коэффициентъ $\lambda = -0.000178$. Взявъ за исходную точку наблюденія Вюльнера для линій α и γ водорода при 20° , находимъ для CS_2 :

$$\begin{array}{lll} n_{\alpha}^{20} = 1.61763 & d_4^{20} = 1.26354 & D_{\alpha}^{20} = 3.6081 \\ n_{\gamma} = 1.67515 & \text{»} & D_{\gamma}^{20} = 3.3622 \end{array}$$

откуда вычисляемъ $D_o^{20} = 3.7994$ и $B = -8.2385$, примѣняя же вышеприведенный температурный коэффициентъ, получаемъ $D_o^{\circ} = 3.8129$. Съ помощью этихъ величинъ вычисляемъ наблюденія другихъ авторовъ и получаемъ слѣдующіе результаты¹⁾

	Наблюд.	Вычисл.	Разн.
Кеттелеръ $D_A^{20} =$	3.6502	3.6571	- 0.0069
» $D_H^{20} =$	3.2709	3.2788	- 0.0079
» $D_{Na}^{40} =$	3.5507	3.5467	+ 0.0040
» $D_H^{40} =$	3.2608	3.2672	- 0.0064.

Наибольшая разница не превышаетъ 0.008, что въ величинѣ молекулярной плотности сказывается разностью $MD_H^{20} = 248.58$ и $(MD_H^{20}) = 249.18 = 0.6$, отвѣчающей 0.24%. Т. о. и такое вещество, какъ сѣроуглеродъ, обладающее огромной дисперсіей ($n_{\alpha} - n_{\gamma} = 0.05752$, тогда какъ для воды эта разность всего 0.00926), даетъ результаты совершенно достаточной точности. То же самое мы находимъ и для бензола ($n_{\alpha} - n_{\gamma} = 0.02729$). Для него изъ наблюденій Вегмана при 12° и 28° вычисляемъ температурный коэффициентъ $k = -0.000203$

$$\begin{array}{lll} n_{\alpha}^{12} = 1.50168 & d_4^{12} = 0.88712 & D_{\alpha}^{12} = 3.0136 \\ n_{\alpha}^{28} = 1.49157 & d_4^{28} = 0.87077 & D_{\alpha}^{28} = 3.0038 \\ n_{\gamma}^{12} = 1.52897 & d_4^{12} = 0.88712 & D_{\gamma}^{12} = 2.9034 \end{array}$$

1) Кеттелеръ не опредѣлялъ плотности своего препарата, почему я вычислилъ его наблюденія, пользуясь данными Вюльнера, по которому для сѣроуглерода $d_4^t = 1.29366 - 0.001506 t$.

а изъ наблюдений при 12° для линий α и γ водорода находимъ $D_o^{12} = 3.0993$ и $B = -3.6918$. Съ помощью температурнаго коэффициента вычисляемъ $D_o^\circ = 3.1068$. Пользуясь этими величинами, вычисляемъ наблюдения другихъ авторовъ и находимъ

	D_λ^t	(D_λ^t)	Разн.	MD_λ^t	(MD_λ^t)	Разн.	въ‰
Гладстонъ D_A^{22}	3.0419	3.0415	+0.0004	237.22	237.23	+0.01	0
Брюль D_{Na}^{20}	2.9847	2.9884	-0.0037	232.80	233.09	+0.29	0.12
Вегманъ D_α^{28}	3.0038	3.0039	-0.0001	234.29	234.30	+0.01	0

Точно такъ же для вещества съ очень большой плотностью, тетрабромацетилену $C_2H_2Br_4$, изъ наблюдений Вегмана находимъ

$n_\alpha^{15} = 1.63509$	$d_4^{15} = 2.97861$	$D_\alpha^{15} = 8.3181$
$n_\gamma^{15} = 1.66517$	$d_4^{15} = \text{»}$	$D_\gamma^{15} = 8.0190$
$n_\alpha^{25} = 1.63016$	$d_4^{25} = 2.95607$	$D_\alpha^{25} = 8.3065$
$n_{Na}^{20} = 1.63795$	$d_4^{20} = 2.96725$	$D_{Na}^{20} = 8.2566$

Изъ наблюдений для линий α при 15° и 25° вычисляемъ $k = -0.000139$, а изъ наблюдений при 15° для α и γ находимъ величину $D_o^{15} = 8.5510$ и $B = -10.0200$, откуда $D_o^\circ = 8.5688$. Съ помощью этихъ величинъ вычисляемъ $(D_{Na}^{20}) = 8.2575$, опытъ даетъ $MD_{Na}^{20} = 8.2566$, разница 0.0009, что въ величинѣ молекулярной плотности даетъ различіе $= 0.31$, отвѣчающее 0.01‰, при величинѣ молекулярнаго вѣса $= 346$. $MD_{Na}^{20} = 2856.78$ и $(MD_{Na}^{20}) = 2857.09$.

Одинаково точные результаты получаемъ и для вещества съ малой плотностью: гептана C_7H_{16} , для котораго изъ наблюдений Гладстона имѣемъ

$n_A^{7.6} = 1.3904$	$d^{7.6} = 0.6935$	$D_A^{7.6} = 2.9231$
$n_H^{7.6} = 1.4073$	$d^{7.6} = \text{»}$	$D_H^{7.6} = 2.8153$
$n_{Na}^{23} = 1.3867$	$d^{23} = 0.6809$	$D_{Na}^{23} = 2.8941$
$n_A^{23} = 1.3826$	$d^{23} = \text{»}$	$D_A^{23} = 2.9216$

Изъ наблюдений для фраунгоферовой линии A при $7^\circ 6'$ и 23° находимъ температурный коэффициентъ $k = -0.000033$, а изъ наблюдений для линий A и H при $7^\circ 6'$ вычисляемъ $D_o^{7.6} = 3.0070$ и $B = -3.6113$, откуда $D_o^\circ = 3.0077$. Пользуясь этими величинами, находимъ $(D_{Na}^{23}) = 2.9016$, опытъ же даетъ $D_{Na}^{23} = 2.8941$; разница $= 0.0075$, что въ молекулярной плотности даетъ различіе $= 0.75$, отвѣчающее 0,26‰: $MD_{Na}^{23} = 289.41$ и $(MD_{Na}^{23}) = 290.16$. Но и эта, сама по себѣ очень малая разница оказывается можетъ быть еще уменьшена. Въ дальнѣйшемъ изложеніи мы познакомимся съ инымъ способомъ вычисленія величины истинной плотности, исходя изъ совершенно другихъ соображеній, именно только изъ плотности начальнаго члена ряда углеводородовъ и истинной плотности

водорода. По такому способу вычисленная величина истинной плотности интана оказывается $= 2.8945$ а $MD = 289.45$.

Т. о. мы приходимъ къ тому окончательному заключенію, что величина истинной плотности находится въ зависимости отъ температуры и длины волны распространяющагося свѣта. Зависимость эта выражается уравненіемъ

$$D_{\lambda}^t = (D_o^{\circ} - B/\lambda^2) (1 \pm kt)$$

гдѣ членъ D_o° и есть настоящее выраженіе величины истинной плотности, не зависящей отъ длины волны, а лишь отъ температуры. Величина B , не зависящая ни отъ длины волны, ни отъ температуры, очевидно выражаетъ дисперсію вещества.

Обратимся теперь къ изученію тѣхъ отношеній, которыя имѣютъ мѣсто между этой величиной и химическимъ составомъ и строеніемъ различныхъ веществъ. Всего естественнѣе конечно взять для этого величину истинной плотности, свободную отъ длины волны и отнесенную къ одной какой нибудь опредѣленной температурѣ, напр. къ 0° или 20° . Ближайшее разсмотрѣніе вопроса однако показываетъ, что особой надобности въ этомъ нѣтъ и имѣется полная возможность ограничиться примѣненіемъ какой нибудь реальной величины истинной плотности, отнесенной къ какому нибудь опредѣленному лучу, т. е. къ какой нибудь опредѣленной длинѣ волны, всего проще и удобнѣе къ натронному свѣту, т. е. величиной D_{Na}^t . Отношенія получаются совершенно тѣ же самыя, какъ и при примѣненіи величины D_o° , но дѣло сильно упрощается: нѣтъ надобности въ лишнихъ опытныхъ опредѣленіяхъ и многихъ вычисленіяхъ. Небольшое сопоставленіе опытныхъ данныхъ вполне оправдываетъ эти соображенія. Для воды мы имѣемъ $MD_{Na}^0 = 87.23$ и $MD_{Na}^{100} = 87.37$, разница $= 0.14$, т. е. 0.16% . Для сѣроуглерода CS_2 $= 76$ находимъ $MD_{Na}^0 = 271.78$ и при температурѣ близкой къ кипѣнію $MD_{Na}^{40} = 269.85$, разница $= 1.93$, т. е. 0.71% ; для анетолы $C_{10}H_{12}O = 148$: $MD_{Na}^{21.6} = 451.66$ и $MD_{Na}^{77.3} = 449.57$, разница $= 2.09$, т. е. 0.4% , для метил- α -нафтола $C_{11}H_{10}O = 158$: $D_{Na}^{13.9} = 490.90$ и $MD_{Na}^{77.7} = 487.74$, разница 3.16 , т. е. 0.6% . Т. о. при столь большихъ разницахъ температуръ особаго ущерба для точности выводовъ не имѣется, такъ какъ разница не превосходитъ 0.7% . Поэтому ограничивая допускаемая отступленія на 10° — 20° отъ какой нибудь избранной температуры, мы можемъ вполне полагаться на точность получаемыхъ результатовъ. Въ дальнѣйшемъ изложеніи мы поэтому и будемъ пользоваться величиной истинной плотности, относящейся къ натронному свѣту, и при $t^{\circ} = 20^{\circ}$, допуская отклоненія отъ этой температуры въ ту и другую сторону на 10° , что впрочемъ вездѣ будетъ отмѣчаемо. Наше изслѣдованіе мы начнемъ съ органическихъ соединеній какъ представляющихъ наилучшій матеріалъ для выясненія вопроса.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ.

Органическія соединенія.

Общая замѣчанія. Первымъ вопросомъ, который представляется намъ при изученіи истинной плотности органическихъ соединеній, является конечно вопросъ о томъ: представляетъ ли истинная плотность свойство аддитивное или конституивное, т. е. зависитъ ли ея величина только отъ числа атомовъ, образующихъ частицу, или оно обусловливается главнымъ образомъ ихъ взаимнымъ соединеніемъ? Разсматривая величины MD_{Na}^t для разныхъ классовъ углеродистыхъ соединеній, мы однако приходимъ, по необходимости, къ тому заключенію, что отвѣтить на этотъ вопросъ опредѣленно не представляется возможности. Мало того, подобное разсмотрѣніе приводитъ къ тому выводу, что вообще дѣленіе свойствъ на аддитивныя и конституивныя не имѣетъ подъ собою никакой строго научной почвы. Въ самомъ дѣлѣ: при образованіи всякаго химическаго соединенія составляющіе его элементы теряютъ часть присущей ихъ атомамъ энергіи на дѣло взаимнаго притяженія и потому въ частицѣ даннаго вещества тотъ или другой атомъ того или другого элемента находится не съ тѣмъ запасомъ энергіи, которымъ обладалъ въ свободномъ состояніи и который обусловливалъ его свойства, такъ какъ не подлежитъ сомнѣнію, что свойства элемента обусловливаются во-первыхъ его массой, а во-вторыхъ присущимъ послѣдней запасомъ энергіи, т. е. его положеніемъ въ періодической системѣ элементовъ. Т. о. о чисто аддитивныхъ свойствахъ соединеній, какъ о простой суммѣ свойствъ элементовъ, собственно не можетъ быть и рѣчи. Съ другой стороны чисто конституивныхъ свойствъ, т. е. полной потери индивидуальности элементовъ при образованіи химическаго соединенія также невозможно допустить: теряя часть своего запаса энергіи при образованіи частицы, элементъ сохраняетъ тѣмъ не менѣе всю свою массу и свойства его т. о. только измѣняются смотря по способу соединенія его съ другими элементами, но не теряются совершенно. Разсматривая съ этой точки зрѣнія величины истинной плотности D_{Na}^t разныхъ классовъ органическихъ соединеній, мы видимъ слѣдующее. Въ гомологическихъ рядахъ величина молекулярной плотности MD_{Na}^t правильно увеличивается, съ усложненіемъ состава. Такъ въ рядѣ углеводородовъ C^nH^{2n+2} и C^nH^{2n} и C^nH^{2n-6} .

MD_{Na}^t	MD_{Na}^t	MD_{Na}^t
Пентанъ $C^5H^{12} = 205.48$ 42.37	Амилень $C_5H_{10} = 197.66$ 41.19	Бензолъ $C_6H_6 = 232.55$ 40.27
Гексанъ $C^6H^{14} = 247.85$ 41.49	Гексиленъ $C_6H_{12} = 238.85$ 44.42	Толуолъ $C_7H_8 = 272.82$ 41.91
Гептанъ $C^7H^{16} = 289.34$ 42.81	Гептиленъ $C_7H_{14} = 283.27$ 40.76	Этилбензолъ $C_8H_{10} = 314.73$ 41.94
Октанъ $C^8H^{18} = 332.15$ 43.13 X 2	Октиленъ $C_8H_{16} = 324.03$ 43.66	Изопропилбенз. $C_9H_{12} = 356.67$ 41.01
Деканъ $C^{10}H^{22} = 416.42$	Дециленъ $C_{10}H_{20} = 411.34$	Цимоль $C_{10}H_{14} = 397.68$ 41.94 X 6
		Діамилбензолъ $C_{16}H_{26} = 651.73$ 3

MD^t_{Na}			MD^t_{Na}		
Гексаметиленъ C_6H_{12}	253.13		Валерилень C_5H_8	190.11	
		42.17			42.08
Метилгексаметиленъ C_7H_{14}	295.30		Діаллилъ C_6H_{10}	232.19	
		42.85			40.29
Диметилгексаметиленъ C_8H_{16}	338.15		Октинъ C_8H_{14}	312.67	
Циклопентадіенъ C_5H_6	199.71		Нафталинъ $C_{10}H_8$	369.87	
		41.48×5			41.67×2
Дипентинъ $C_{10}H_{16}$	407.11		Диметилнафталинъ $C_{12}H_{12}$	453.12	
			<hr/>		
			Среднее = 41.97		

Для спиртовъ, альдегидовъ, кетоновъ, кислотъ и ихъ эфировъ имѣемъ

	MD_{Na}			MD_{Na}	
Метильный спиртъ CH_4O	125.03		Уксусный альдегидъ C_2H_4O	167.47	
Этильный C_2H_6O	164.30	39.27	Пропіоновый C_3H_6O	210.03	42.56
Изопропильный C_3H_8O	205.41	41.11	Изобутириновый C_4H_8O	250.84	40.81
Изобутильный $C_4H_{10}O$	248.32	42.91	Валеріановый $C_5H_{10}O$	290.81	39.97
Изоамильный $C_5H_{12}O$	289.55	41.23	Энантолъ $C_7H_{14}O$	397.18	38.68 × 2
Метилгексилкарбинолъ $C_6H_{14}O$	417.02	41.82 × 2	Ацетонъ C_3H_6O	209.27	
Аллийный C_3H_6O	198.44			41.53	
Аллилдиметилкарбинолъ $C_6H_{12}O$	322.45	41.33 × 3	Метилэтилкетонъ C_4H_8O	250.80	40.51 × 4
Аллилметилпропилкарб. $C_8H_{16}O$	406.97	42.26 × 2	Метилгексилкетонъ $C_8H_{16}O$	412.85	
Аллилдипропилкарб. $C_{10}H_{20}O$	495.65	44.34 × 2	Акролеинъ C_3H_4O	194.37	
Фенолъ C_6H_6O	315.61			42.63 × 3	
Крезолъ C_7H_8O	357.53	41.92	Окись меттила $C_6H_{10}O$	320.28	42.69 × 4
Фенилпропильный $C_9H_{12}O$	439.82	41.14 × 2	Цитронеллолъ $C_{10}H_{18}O$	491.04	
Тимолъ $C_{10}H_{14}O$	478.89	39.07	Бензойный альд. C_7H_8O	349.77	39.82 × 3
Амилтимолъ $C_{15}H_{24}O$	684.72	41.44 × 5	Куминовый $C_{10}H_{12}O$	468.24	
Нафтолъ $C_{10}H_8O$	448.66		Изокамферфоронъ $C_9H_{14}O$	456.87	40.17
		43.65	Пулегонъ $C_{10}H_{16}O$	497.04	
Метилнафтолъ $C_{11}H_{10}O$	492.31	40.65 × 2			
Пропилнафтолъ $C_{13}H_{14}O$	573.58	41.29 × 2			
Амилнафтолъ $C_{15}H_{18}O$	656.14				
Среднее = 41.56			Среднее = 40.94		

		MD_{Na}	
Малеинометильный эфиръ	$C_6 H_8 O_4$	627.40	
» этильный	$C_8 H_{12} O_4$	696.80	34.70×2
» пропильный	$C_{10} H_{16} O_4$	775.12	39.16×2
» амильный	$C_{14} H_{24} O_4$	933.58	39.60×4
Фумаро этильный	$C_8 H_{12} O_4$	695.14	
» пропильный	$C_{10} H_{16} O_4$	770.30	37.58×2
		<hr/>	
		Среднее = 37.76	

т. е. гомологическая разность въ этомъ ряду уже на 4.61 меньше чѣмъ при углеводородахъ. Подобное же явленіе мы встрѣчаемъ и въ другихъ классахъ органическихъ соединений. Такъ для аминовъ находимъ гомологическую разницу

		MD_{Na}	
Пропиламинъ	$C_3 H_9 N$	179.36	
Бутиламинъ	$C_4 H_{11} N$	222.33	42.97
Амиламинъ	$C_5 H_{13} N$	264.04	42.71
Дипропиламинъ	$C_6 H_{15} N$	304.21	40.17
Диизобутиламинъ	$C_8 H_{19} N$	388.42	42.10×2
Трипропиламинъ	$C_9 H_{21} N$	428.43	40.01
Диизоамиламинъ	$C_{10} H_{23} N$	473.20	44.77
Триизобутиламинъ	$C_{12} H_{27} N$	557.59	42.19×2
		<hr/>	
		Среднее = 42.13	

въ среднемъ выводѣ = 42.13 мало отличающуюся отъ гомологической разности у углеводородовъ. Для альдо и кетоксимовъ же получается величина уже меньшая = 40.30

		MD_{Na}	
Ацетальдоксимъ	C_2H_5NO	229.49	
			39.80
Пропіональдоксимъ	C_3H_7NO	262.29	
			41.17
Изобутиральдоксимъ	C_4H_9NO	303.46	
			39.04
Валеральдоксимъ	$C_5H_{11}NO$	343.40	

Среднее = 40.32

Еще меньшая величина гомологической разницы наблюдается у нитроуглеводородовъ и азотистыхъ эфировъ:

		MD_{Na}			MD_{Na}	
Нитрометанъ	$C H_3 NO_2$	298.04		Азотистопропильный эфиръ	$C_3H_7 NO_2$	356.26
			33.23			38.43
» этанъ	$C_2H_5 NO_2$	331.27		» бутильный	$C_4H_9 NO_2$	394.69
			38.61			38.44
» пропанъ	$C_3H_7 NO_2$	369.88		» амильный	$C_5H_{11}NO_2$	433.13
			37.82			
» пентанъ	$C_5H_{11}NO_2$	445.53				Среднее = 38.43
» бензолъ	$C_6H_5 NO_2$	462.78				
			38.34			
» толуолъ	$C_7H_7 NO_2$	501.12				
			Среднее = 37.0			

А для эфировъ азотной кислоты замѣчается кромѣ того и измѣненіе величины гомологической разницы въ предѣлахъ самого ряда. Такъ для нихъ находимъ

		MD_{Na}	
Азотноэтильный эфиръ	$NO_3C_2H_5$	429.23	
			31.86
» пропильный	$NO_3C_3H_7$	461.09	
			33.72
» бутильный	$NO_3C_4H_9$	494.81	
			37.39
» этильный	$NO_3C_5H_{11}$	532.20	

Подобное же явленіе встрѣчается и въ другихъ классахъ органическихъ соединеній. Такъ въ галоидопроизводныхъ углеводородахъ гомологическая разница не только уменьшается съ увеличеніемъ вѣса галоида, замѣщающаго водородъ, но при достаточномъ количествѣ его становится даже отрицательной, т. е. съ увеличеніемъ состава на группу CH_2 величина молекулярной плотности не увеличивается, а уменьшается.

Такъ въ ряду бромпроизводныхъ находимъ:

		MD_{Na}				MD_{Na}	
Бром. этиль	$C_2H_5 Br$	621.76		Бром. этиленъ	$C_2H_4 Br_2$	1308.57	
		+ 16.95				— 34.68	
» пропиль	$C_3H_7 Br$	638.71		» пропиленъ	$C_3H_6 Br_2$	1273.89	
		+ 24.25 × 2				— 9.16 × 2	
» амилъ	$C_5H_{11} Br$	687.23		» амиленъ	$C_5H_{10} Br_2$	1255.57	
Бромбензолъ	$C_6H_5 Br$	724.36		Трехбром. винилъ	$C_2H_3 Br_3$	2043.16	
		+ 25.28				— 24.52	
Бромтолуолъ	$C_7H_7 Br$	749.64		» аллилъ	$C_3H_5 Br_3$	2018.64	

т. е. у однобромзамѣщенныхъ еще наблюдается увеличеніе молекулярной плотности съ возрастаніемъ состава на группу CH_2 , не при дву и трехзамѣщенныхъ она уже уменьшается, несмотря на возрастаніе состава.

Такимъ образомъ, разсматривая измѣненія въ величинѣ молекулярной плотности съ возрастаніемъ состава частицы на группу CH_2 , мы приходимъ къ тому заключенію, что, оставаясь въ большинствѣ случаевъ въ предѣлахъ даннаго ряда постоянной, гомологическая разница въ разныхъ рядахъ не остается таковой, а мѣняется въ зависимости отъ состава ряда. Такъ вступленіе кислорода въ частицу углеводорода несомнѣнно понижаетъ величину гомологической разности и тѣмъ болѣе, чѣмъ данный рядъ содержитъ больше кислорода. Точно такъ же замѣщеніе водорода голоидомъ производитъ подобный эффектъ.

Если теперь мы обратимся къ разсмотрѣнію тѣлъ полимерныхъ, то оказывается, что молекулярныя плотности ихъ представляютъ величины хотя близкія къ кратности, но никогда не дающія полного совпаденія въ этомъ отношеніи. Такъ имѣемъ:

	MD_{Na}			MD_{Na}
Уксусный альдегидъ $C_2 H_4 O$	$167.47 \times 2 = 334.94$	Уксусный альдегидъ $C_2 H_4 O$	$167.47 \times 3 = 502.41$	
Бутириновая кислота $C_4 H_8 O_2$	$= 349.70$	Паральдегидъ . . . $C_6 H_{12} O_3$	$= 536.03$	
Ацетонъ $C_3 H_6 O$	$209.27 \times 2 = 418.54$	Амиленъ $C_5 H_{10}$	$197.66 \times 2 = 395.32$	
Капроновая кислота $C_6 H_{12} O_2$	$= 428.96$	Діамиленъ $C_{10} H_{20}$	$= 413.75$	
Валераль $C_5 H_{10} O$	$290.81 \times 2 = 581.62$	Ментенъ $C_{10} H_{18}$	$414.77 \times 2 = 829.54$	
Валеріановый амилъ . $C_{10} H_{20} O_2$	$= 592.40$	Диментенъ $C_{20} H_{36}$	$= 848.64$	

Первое, что обращаетъ на себя вниманіе при разсмотрѣніи этихъ данныхъ, это то, что при образованіи полимера происходитъ всегда увеличеніе молекулярной плотности его больше чѣмъ въ n разъ сравнительно съ молекул. плотностью того вещества, которое полимеризовалось, и разница получается весьма значительная, доходя до 6%. Здѣсь нужно однако замѣтить, что сопоставленіе тѣлъ полимерныхъ вообще едва ли можно допускать. Процессъ полимеризаціи, до сихъ поръ мало изученный, во всякомъ случаѣ не представляетъ простого сложения двухъ или болѣе молекулъ даннаго тѣла. Несомнѣнно при образованіи полимера происходитъ явленіе соединенія двухъ молекулъ, сопровождающееся образованіемъ новаго

вещества, часто совершенно отличнаго по химическимъ свойствамъ отъ того, изъ котораго оно произошло. Образованіе новаго соединенія можетъ идти разнымъ путемъ. Какъ извѣстно, полимеризація наблюдается только у тѣхъ веществъ, въ которыхъ какой либо изъ образующихъ частицу атомовъ обладаетъ свободнымъ сродствомъ. Такъ мы знаемъ полимеры углеводородовъ непредѣльныхъ, въ нихъ процессъ полимеризаціи обусловливается присутствіемъ свободного сродства у углеродныхъ атомовъ, на счетъ котораго происходитъ спайка молекулъ и образованіе новаго вещества — полимера, вещества всегда съ меньшей непредѣльностью. Точно такъ же возможна полимеризація у альдегидовъ на счетъ двойной связи между *C* и *O* атомами. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ связь между соединившимися частицами настолько слаба, что при многихъ условіяхъ вновь образовавшееся вещество легко распадается съ образованіемъ первоначальнаго, въ другихъ же этого не происходитъ. Всѣ это приводитъ къ тому, что при образованіи полимеровъ не происходитъ вовсе суммирование свойствъ полимеризующихся частицъ и поэтому разсматривать частицу полимера какъ просто удвоенную, утроенную и т. д. частицу того или другого вещества не представляется возможнымъ. Хорошій случай такого рода представляетъ полимеризація ментена $C_{10}H_{18}$ въ диментенъ $C_{20}H_{36}$, наблюдавшаяся Толлочко¹⁾. Ментенъ, изслѣдованный этимъ авторомъ, имѣетъ замкнутую группировку углеродныхъ атомовъ и одну двойную связь между ними, въ силу чего представляетъ обычныя свойства непредѣльныхъ соединеній: легкую окисляемость хамелеономъ и способность соединяться съ бромомъ, между тѣмъ образующійся изъ него при дѣйствіи крѣпкой сѣрной кислоты полимеръ диментенъ $C_{20}H_{36}$ отличается большой устойчивостью по отношенію къ окислителямъ и полнымъ отсутствіемъ способности соединяться съ бромомъ. Очевидно, что здѣсь при полимеризаціи произошло глубокое измѣненіе свойствъ полимеризовавшагося вещества, и дѣйствительно мы ниже увидимъ, что диментенъ относится къ числу предѣльныхъ веществъ, и заключаетъ три замкнутыхъ группировки углеродныхъ атомовъ и не содержитъ ни одной двойной связи между ними. Очевидно, что сопоставленіе свойствъ обоихъ тѣлъ невозможно: будучи по формулѣ полимерами, они на самомъ дѣлѣ относятся къ разнымъ классамъ.

Такимъ образомъ разсмотрѣніе тѣлъ полимерныхъ даетъ намъ еще меньше, чѣмъ у гомологовъ, основаній для вывода общаго закона для молекулярной плотности органическихъ соединеній.

Обратимся теперь къ тѣламъ изомернымъ. Здѣсь съ перваго раза выступаетъ весьма важное обстоятельство; тѣла метамерныя, отличающіяся другъ отъ друга только различіемъ входящихъ въ ихъ составъ углеводородныхъ радикаловъ, имѣютъ совершенно одну и ту же величину молекулярной плотности, но когда изомерія обусловливается различіемъ въ строеніи самаго вещества, то наблюдается весьма большая разница. Такъ въ первомъ случаѣ находимъ у изомерныхъ спиртовъ и углеводородовъ:

1) Журналъ Р. Ф.-Х. О.

	MD_{Na}		MD_{Na}
Нормальный пропиловый спирт C_3H_8O	205.74	Этилбензолъ C_8H_{10}	314.73
Изопропиловый »	205.41	о. Ксилолъ »	314.66
Нормальный бутиловый » $C_4H_{10}O$	247.71	м. Ксилолъ »	313.30
Изобутиловый »	248.32	р. Ксилолъ »	313.36
Триметилкарбинолъ »	247.34		

Точно также:

Дипропиламинъ $C_6H_{15}N$	304.21	Гексаметиленъ C_6H_{12}	253.13
Триэтиламинъ »	303.00	Гексагидробензолъ »	253.83
Изобутиральдоксимъ C_4H_9NO	303.46	Нор. бутириновый этилъ $C_6H_{12}O_2$	427.34
Метилэтилкетоксимъ »	303.02	Пропіоновый пропилъ »	428.59

Т. е. во всѣхъ случаяхъ находимъ у такихъ тѣлъ одинаковыя величины молекулярной плотности. Но если обратимся къ настоящимъ изомеромъ, то увидимъ большую разницу. Такъ имѣемъ

	MD_{Na}		MD_{Na}
Нитропропанъ $C_3H_7NO_2$	369.88	Нитропентанъ $C_5H_{11}NO_2$	445.53
Азотистопропиловый эфиръ $C_3H_7NO_2$	356.26	Азотистоамиловый эфиръ »	433.13
Гексиленъ C_6H_{12}	238.85	Аллиловый спиртъ C_3H_6O	198.44
Гексаметиленъ »	254.61	Пропіоновый альдегидъ »	210.03
Гексагидронафталинъ $C_{10}H_{14}$	413.57	Диаллилкарбинолъ $C_7H_{12}O$	357.28
Цимолъ »	397.68	Метилциклогексанонъ »	385.03
Фенилбутиленъ $C_{10}H_{12}$	391.00	Тетраметилендикарбоновый этилъ $C_{10}H_{16}O_4$	800.48
Бициклопентадиенъ »	422.29	Аллил малоновый этилъ »	779.62

Этихъ примѣровъ совершенно достаточно для того, чтобы видѣть какъ велико вліяніе изомеріи на величину молекулярной плотности.

Такимъ образомъ изслѣдованіе молекулярной плотности гомологовъ, полимеровъ и изомеровъ приводитъ насъ къ одному и тому же выводу: разсматривать это свойство тѣлъ, какъ аддитивное, какъ сумму соотвѣствующихъ величинъ для атомовъ, образующихъ частицу даннаго тѣла, является совершенно невозможнымъ. Всего нагляднѣе это обнаруживается, если мы обратимъ вниманіе на величины молекулярной плотности того или другого вещества полученную изъ опыта и вычисленную, какъ сумму атомныхъ плотностей элементовъ, составляющихъ частицу даннаго соединенія. Такъ для метана CH_4 имѣемъ опытную величину молекулярной плотности = 43.56. Для углерода мы имѣемъ, къ сожалѣнію, данныя только для кристаллическаго состоянія, но мы видѣли выше, что разница въ величинахъ молекулярной плотности въ кристаллическомъ и жидкомъ или газообразномъ состояніи вообще очень не велика, такъ для воды мы имѣли $MD_{Na} = 87.3$, а для льда = 85.86, точно такъ же для твердаго фосфора $MD = 106.73$, а для жидкаго 105.52, т. е. разница такова, что для данной цѣли мы можемъ ею пренебречь. Тогда истинная плотность углерода¹⁾ $D = 5.5841$ и $MD = 67.00$ и для метана получимъ

1) Въ видѣ алмаза. Для него по Schauf $n_D = 2.46986$ и $d = 3.518$ (Baumhauer).

$$\begin{array}{r} C + 4H = 70.86 \\ \quad \cdot \quad CH_4 = 43.56 \\ \hline 27.30 \end{array}$$

т. е. получается огромная разница съ опытной величиной. То же самое находимъ или CO_1 , CO_2 и H_2O

$$\begin{array}{r} C + O = 193.44 \\ \quad CO = 157.36 \\ \hline 36.08 \end{array} \quad \begin{array}{r} C + 2O = 319.88 \\ \quad CO^2 = 289.96 \\ \hline 29.92 \end{array} \quad \begin{array}{r} 2H + O = 128.27 \\ \quad H^2O = 87.30 \text{ и т. д.} \\ \hline 40.97. \end{array}$$

Очевидно, что при образованіи химическаго соединенія изъ элементовъ происходитъ столь глубокое измѣненіе ихъ свойствъ, что говорить о свойствахъ образовавшагося вещества, какъ о суммѣ свойствъ образующихъ его элементовъ, не приходится, а съ этимъ теряется и возможность вычислять величину молекулярной плотности, какъ сумму атомныхъ плотностей. Очевидно, нужно искать иной путь, къ которому насъ и приводитъ изученіе молекулярной плотности углеводородовъ, къ которымъ мы и обратимся.

Глава первая.

Углеводороды.

Какъ извѣстно, химическій составъ и строеніе всѣхъ углеводородовъ, равно какъ и другихъ органическихъ соединеній, могутъ быть выведены, исходя изъ начальнаго члена этого ряда метана CH_4 , замѣщая въ немъ водородъ на другіе элементы и сложныя группы. Съ другой стороны мы знаемъ, что физическія и химическія свойства даннаго вещества обуславливаются его составомъ и строеніемъ, хотя точно выяснитъ эту зависимость удастся лишь съ большимъ трудомъ и далеко не вполнѣ, благодаря тому, что при образованіи даннаго химическаго соединенія изъ элементовъ происходитъ глубокое измѣненіе свойствъ послѣднихъ, такъ что свойства новаго вещества не представляютъ простой суммы свойствъ составныхъ его частей. Тѣмъ не менѣе зависимость между составомъ и строеніемъ даннаго вещества и его свойствами не подлежитъ сомнѣнію и, если первыя могутъ быть выведены, исходя изъ начальнаго члена всѣхъ органическихъ соединеній метана, то весьма вѣроятно, что и послѣднія могутъ быть произведены изъ свойствъ этого родоначальника соединеній углерода. Руководясь этой мыслью, попробуемъ разсмотрѣть величины молекулярной плотности углеводородовъ. Начнемъ съ предѣльнаго ряда, составъ членовъ котораго выражается общою формулой $C^n H^{2n+2}$. Разсматривая эти вещества, какъ производныя перваго члена этого ряда метана CH_4 , мы видимъ, что тогда составъ ихъ выразится формулой нѣсколько

иного вида, именно: составъ напр. второго члена ряда этана C_2H_6 можетъ быть изображенъ слѣдующимъ образомъ:



для третьяго члена пропана C_3H_8 получимъ: $C_3H_8 = 3CH^4 - 4H$ и т. д., словомъ общая формула ряда будетъ, полагая $CH^4 = A$ и число атомовъ углерода $= n$,

$$nA - (2n - 2)H$$

Вставимъ теперь въ эту формулу соответственныя величины молекулярной плотности метана $= 43.56$ и водорода $= 0.967$ и тогда получимъ для пентана C_5H_{12} $(MD) = 5 \times 43.56 - (2 \times 5 - 2) 0.967 = 210.07$. Такимъ же путемъ найдемъ величины и для другихъ членовъ этого ряда, которыя и сопоставлены въ нижеслѣдующей таблицѣ съ величинами молекулярной плотности этихъ веществъ, найденными при опытѣ:

		<i>MD</i> (опытныя).	(<i>MD</i>) (вычислен.).	Diff.
Пентанъ	C_5H_{12}	205.48	210.07	+ 4.59
Гексанъ	C_6H_{14}	247.86	251.69	+ 3.83
Гептанъ	C_7H_{16}	289.34	293.32	+ 3.92
Октанъ	C_8H_{18}	332.15	334.95	+ 2.80
		Среднее = + 3.80		

т. е. вычисленная величина молекулярной плотности всегда больше реальной и притомъ на одну и ту же величину, которая въ среднемъ выводѣ $= + 3.80$, т. е. совпадаетъ съ 3.87 — представляющей плотность четырехъ атомовъ водорода. Принимая эту послѣднюю, найдемъ, что величина молекулярной плотности углеводородовъ этого ряда выразится формулой

$$\begin{aligned} MD &= (MD) - 3.87 = nA - (2n - 2)H - 3.87 = nA - (2n - 2)H - 4H \\ &= nA - (2n + 2)H \end{aligned}$$

т. е. молекулярная плотность углеводородовъ ряда C_nH_{2n+2} равняется молекулярной плотности начального члена ряда метана, помноженной на число атомовъ углерода, находящихся въ частицѣ, и уменьшенной на сумму плотностей атомовъ водорода, содержащихся въ ней. Сопоставленіе вычисленныхъ такимъ образомъ величинъ съ найденными изъ опытныхъ данныхъ доказываетъ вполне справедливость этого положенія.

		<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
Пентанъ	C_5H_{12}	205.48	206.20	+ 0.72	0.34
Гексанъ	C_6H_{14}	247.86	247.83	— 0.03	0.01
Гептанъ	C_7H_{16}	289.34	289.45	+ 0.11	0.04
Октанъ	C_8H_{18}	332.15	331.08	+ 1.07	0.32
Деканъ	$C_{10}H_{22}$	416.42	414.32	— 2.10	0.50.

Разница, какъ видно, не превышаетъ 0.5% и такимъ образомъ молекулярная плотность предѣльныхъ углеводородовъ можетъ быть вычислена съ большою точностью, исходя изъ формулы ихъ состава $C_n H_{2n+2} = nC + (2n + 2) H$, замѣняя въ ней C на плотность метана $CH_4 = A$ и перемѣняя знакъ $+$ передъ количествомъ водорода на $-$ и тогда

$$MD = nA - (2n + 2) H.$$

Тотъ же путь вычисленія очевидно долженъ примѣняться и къ другимъ углеводородамъ, и для слѣдующихъ за предѣльнымъ другихъ рядовъ этихъ соединений мы дѣйствительно получаемъ аналогичныя формулы, выражающія величину ихъ молекулярной плотности, но мы не станемъ ихъ развивать, такъ какъ имѣется для этого иной путь, дающій возможность съ таковой же точностью гораздо глубже проникнуть въ сущность этого свойства тѣлъ и ближе изучить ту связь, какая имѣется между нимъ и химическимъ составомъ и строеніемъ послѣднихъ.

Основаніемъ этого второго способа служатъ слѣдующія соображенія. Молекулярная плотность кристаллическаго углерода $= 67.0$, водорода же 0.967 . Если мы теперь предположимъ, что молекулярная плотность метана CH_4 есть сумма атомныхъ плотностей углерода и водорода, то получимъ для нея величину: $C + 4H = 67.0 + 4 \times 0.967 = 70.86$, между тѣмъ истинная величина послѣдней, полученная при непосредственномъ наблюденіи $= 43.56$; разница $70.86 - 43.56 = 27.30$. Если мы продолжимъ эти вычисленія для другихъ членовъ ряда $C_n H_{2n+2}$, то получимъ слѣдующее¹⁾

$C + 4H = 70.86$ $CH_4 = 43.56$ <hr/> 27.3	$2C + 6H = 139.8$ $C_2H_6 = 81.3^f$ <hr/> 58.5 = 27.3 \times 2 + 3.90	$3C + 8H = 208.73$ $C_3H_8 = 122.95^f$ <hr/> 85.78 = 27.3 \times 3 + 3.88
$4C + 10H = 277.60$ $C_4H_{10} = 164.57^f$ <hr/> 113.03 = 27.3 \times 4 + 3.83	$5C + 12H = 346.60$ $C_5H_{12} = 205.48$ <hr/> 141.12 = 27.3 \times 5 + 4.62	$6C + 14H = 415.53$ $C_6H_{14} = 247.86$ <hr/> 167.67 = 27.3 \times 6 + 3.87
$7C + 16H = 484.43$ $C_7H_{16} = 289.34$ <hr/> 195.09 = 27.3 \times 7 + 3.99	$8C + 18H = 553.40$ $C_8H_{18} = 332.15$ <hr/> 221.25 = 27.3 \times 8 + 3.15	

т. е. молекулярная плотность всѣхъ членовъ этого ряда можетъ быть выражена общей формулой $MD = nC + (2n + 2) H - n \cdot 27.3 - x$. Этотъ x въ среднемъ выводѣ равенъ 3.87, т. е. суммѣ атомныхъ плотностей 4 атомовъ водорода.

Происхожденіе этого инкремента объясняется слѣдующимъ образомъ: при соединеніи углерода съ водородомъ для образованія метана происходитъ уменьшеніе суммы плотностей

1) Величины (MD) для C_2H_6 , C_3H_8 и C_4H_{10} приведены вычисленными по первому способу, такъ какъ опытныхъ данныхъ для нихъ не имѣется.

составныхъ частей на 27.3. Теперь, если для полученія слѣдующаго члена этана, къ метану присоединилась бы группа CH_4 , то уменьшеніе суммы плотностей составныхъ частей было бы $2 \times 27.3 = 54.6$, но такъ какъ присоединяется не CH_4 , а группа CH_2 , то вліяніе будетъ имѣть иную величину, чѣмъ 27.3, притомъ нѣсколько большую, что обусловливается тѣмъ, что въ группѣ CH_2 водорода на 2 атома меньше, чѣмъ въ CH_4 , и кромѣ того должно произвести вліяніе и соединеніе двухъ углеродныхъ атомовъ другъ съ другомъ при образованіи изъ $CH_4 + CH_2$ частицы C_2H_6 . Это то вліяніе и оказывается $= 3.87$, т. е. эквивалентно вліянію 4 атомовъ водорода и потому при образованіи изъ углерода и водорода этана приходится вычесть изъ суммы плотностей первыхъ не 27.3×2 , а $27.3 \times 2 + 3.87$. Для пропана такимъ же образомъ найдемъ вычетъ $= 27.3 \times 3 + 3.87$ и т. д., словомъ для всего ряда получается формула

$$\begin{aligned} MD &= n.C + (2n + 2)H - (n.27.3 + 3.87) \text{ или} \\ &= n(C - 27.3) + (2n + 2)H - 3.87 \text{ или, такъ какъ } C = 67.0, \text{ то} \\ &= 39.7n + (2n + 2)H - 3.87 \end{aligned}$$

гдѣ n — число атомовъ углерода въ частицѣ, а 3.87 — инкрементъ, показывающій измѣненіе молекулярной плотности, зависящее отъ соединенія углеродныхъ атомовъ между собою и съ водородомъ, общее для всѣхъ соединений углерода.

Формула эта совершенно тождественна съ выведенной ранѣе $MD = nA - (2n + 2)H$, гдѣ A — плотность метана, а n — число атомовъ углерода:

$$\begin{aligned} nA - (2n + 2)H &= 39.7n + (2n + 2)H - 3.87 \\ nA &= 39.7n + 2(2n + 2)H - 3.87 \end{aligned}$$

полагая $n = 1$, имѣемъ $An = 43.56$, а вычисляя вторую часть уравненія, получаемъ также 43.56. Т. о. для молекулярной плотности углеводородовъ C_nH_{2n+2} мы пришли къ общей формулѣ

$$MD = 39.7n + (2n + 2)H - 3.87$$

гдѣ n — число атомовъ углерода, а H — молекулярная плотность водорода $= 0.967$. Не приводимъ сравненія опытныхъ величинъ съ вычисленными по ней, такъ какъ послѣднія имѣютъ совершенно ту же величину какъ и вычисленныя по первому способу, и перейдемъ, потому, прямо къ слѣдующимъ рядамъ углеводородовъ и начнемъ съ олефиновъ, общей формулы C_nH_{2n} . Дѣлая для нихъ такое же сопоставленіе какъ и для предѣльныхъ, находимъ слѣдующее:

$2C + 4H = 137.86$	$5C + 10H = 344.67$	334.67
$C_2H_4 = 72.84$	$C_5H_{10} = 197.66$	197.55
$65.02 = 27.3 \times 2 + 10.42$	$147.01 = 27.3 \times 5 + 10.51$	$147.12 = 27.3 \times 5 + 10.62$
$6H + 12H = 413.60$	$7C + 14H = 482.53$	
$C_6H_{12} = 238.85$	$C_7H_{14} = 283.26$	
$174.75 = 27.3 \times 6 + 10.95$	$199.26 = 27.3 \times 7 + 8.16$	
$8C + 16H = 551.47$	551.47	
$C_8H_{16} = 323.14$	324.03	
$228.33 = 27.3 \times 8 + 10.23$	$227.44 = 27.3 \times 8 + 9.34$	

т. е. оказывается, что и здѣсь, подобно тому какъ при предѣльныхъ углеводородахъ, величина молекулярной плотности, полученная изъ опытныхъ данныхъ, меньше суммы плотностей, составляющихъ частицу атомовъ углерода и водорода, и притомъ меньше на величину одинаковую для всѣхъ членовъ этого ряда, но разность обѣихъ величинъ въ данномъ случаѣ больше, чѣмъ у предѣльныхъ углеводородовъ и, въ среднемъ выводѣ, равняется 10.06, что очень близко подходитъ къ 9.67 — величинѣ, представляющей сумму атомныхъ плотностей 10 атомовъ водорода. Инкрементъ этотъ, равный т. о. 9.67 слагается очевидно изъ двухъ величинъ: 1) 3.87, отвѣчающей, по предыдущему вступленію въ частицу группы CH_2 и 2) 5.80 — обусловливаемой образованіемъ двойной связи между углеродными атомами, каковая находится въ этихъ углеводородахъ и которая очевидно равна вліянію 6 ат. водорода. Сообразно этому общая формула для молекулярной плотности углеводородовъ этого ряда будетъ

$$MD = 39.7 n + 2n H - 3.87 - 5.80.$$

Сопоставляя вычисленные по ней величины съ полученными изъ опытныхъ данныхъ, находимъ полное согласіе:

		<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
Этиленъ газообр.	C_2H_4	72.84	73.58	+0.74	1.01
» жидкій	»	73.01	—	+0.57	0.90
Амиленъ I	C_5H_{10}	197.66	198.46	+0.80	0.40
» II	»	197.55	—	+0.91	0.46
Гексиленъ	C_6H_{12}	238.85	240.09	+1.24	0.51
Гептиленъ	C_7H_{14}	283.27	281.72	—1.55	0.54
Октиленъ I	C_8H_{16}	323.14	323.34	+0.20	0.06
» II	»	324.03	—	—0.69	0.21
Дециленъ	$C_{10}H_{20}$	411.34	406.59	—4.75	1.15
Діамиленъ	»	413.75	—	—7.16	1.69.

Наибольшая разница немногимъ превышаетъ 1%, за исключеніемъ діамилена, гдѣ она доходитъ до 1.7%. Хотя, вообще говоря, и эта послѣдняя разность не велика, но точ-

ность разсматриваемаго способа такова, что заставляетъ усомниться въ вѣрности найденной для этого вещества величины молекулярной плотности и притомъ усомниться не въ точности ея опредѣленія для даннаго препарата, а въ чистотѣ сего послѣдняго. Позднѣе, при ментенѣ и тому подобныхъ веществахъ мы еще вернемся къ этому вопросу, а теперь будемъ продолжать разсмотрѣніе величинъ молекулярной плотности углеводородовъ другихъ рядовъ. Мы видѣли выше, что образованіе двойной связи между углеродными атомами производитъ уменьшеніе вычисленной величины молекулярной плотности на 5.8. Подтвержденіемъ этого служить рядъ аллена, члены котораго содержатъ двѣ этиленныя связи, въ силу чего для нихъ мы должны имѣть общую формулу $MD = 39.7 n + (2n - 2) H - 3.87 - 2 \times 5.80$. Вычисленія по ней величины молекулярной плотности для валерилена и діаллила, находимъ

		MD	(MD)	Diff.	въ %
Валерилень	$C_5 H_8$	190.11	190.77	+0.66	0.34
Діаллилъ	$C_{10} H_{10}$	232.19	232.40	+0.21	0.09

т. е. полное согласіе, что даетъ намъ возможность установить слѣдующее правило: при образованіи двойной связи между углеродными атомами (такъ наз. этиленной) происходитъ уменьшеніе вычисленной величины молекулярной плотности на 5.80. Весьма интереснымъ теперь является вопросъ: каково же вліяніе замкнутой группировки углеродныхъ атомовъ, каковую мы встрѣчаемъ во многихъ случаяхъ, напр. у производныхъ бензола? Въ послѣднихъ, какъ извѣстно, принимается существованіе трехъ этиленныхъ связей между углеродными атомами и кромѣ того замкнутая группировка послѣднихъ. Сообразно этому общая формула для величины ихъ молекулярной плотности будетъ, оставляя въ сторонѣ вліяніе замкнутой группировки, $MD = 39.7 n + (2n - 6) H - 3 \times 5.80$; вычисляя по ней, находимъ:

		MD	(MD)	Diff.
Бензолъ I	$C_6 H_6$	232.80	226.60	+6.20
» II		232.55	—	+5.95
Толуолъ	$C_7 H_8$	272.82	268.23	+4.59
Этилбензолъ	$C_8 H_{10}$	314.73	309.87	+4.86
о. Ксилолъ	»	314.66	—	+4.79
м. Ксилолъ	»	313.30	—	+3.43
р. Ксилолъ	»	313.36	—	+3.49
Псевдокумоль	$C_9 H_{12}$	355.88	351.50	+4.38
Пропилбензолъ	»	356.78	—	+5.28
Изопропилбензолъ	»	356.67	—	+5.17
Мезитилень	»	354.80	—	+3.30
Изобутилбензолъ	$C_{10} H_{14}$	400.08	393.13	+6.95
Цимоль I		397.68	—	+4.55
» II		397.04	—	+3.91

Среднее = +4.77

т. е. во всѣхъ случаяхъ мы наблюдаемъ явленіе противоположное тому, которое замѣчалось при разсмотрѣніи вліянія этиленной связи: тамъ наблюдалось, что вычисленная величина молекулярной плотности всегда больше реальной, а здѣсь видимъ, что послѣдняя всегда больше первой; увеличеніе при этомъ, въ среднемъ выводѣ, изъ вышеприведенныхъ примѣровъ $= 4.77$, что очень близко къ плотности 5 атомовъ водорода. Совершенно такіе же результаты мы получаемъ при изслѣдованіи и другихъ углеводородовъ, заключающихъ замкнутую группировку углеродныхъ атомовъ. Въ этомъ отношеніи большой интересъ представляютъ тѣ углеводороды ряда $C_n H_{2n}$, которые не содержатъ этиленной связи между углеродными атомами, а вмѣсто нея имѣютъ замкнутую группировку послѣднихъ. Для нихъ величина молекулярной плотности, вычисленная изъ формулъ состава, оказывается не больше, какъ у олефиновъ, а меньше

		<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.
Гексагидробензолъ	$C_6 H_{12}$	253.83	249.80	+4.03
Гексаметиленъ	»	253.13	—	+3.33
» изъ галиц. нефти	»	254.61	—	+4.81
Метилгексаметиленъ	$C_7 H_{14}$	295.30	291.43	+3.87
Диметилпентаметиленъ	»	296.43	—	+5.00
Диметилгексаметиленъ	$C_8 H_{16}$	338.15	333.07	+5.08
Гексагидроксололъ	»	337.45	—	+4.38
Триметиль 1, 3, 3, циклогексанъ	$C_9 H_{18}$	380.92	374.70	+6.22
Гексагидроцимоль	$C_{10} H_{20}$	421.76	416.24	+5.52
Нафтенъ	»	420.56	—	+4.32
				Среднее $= +4.65$.

И здѣсь средняя величина для избытка вычисленной молекулярной плотности противу реальной, вызваннаго образованіемъ замкнутой группировки между углеродными атомами, является очень близкой къ той, которая найдена для производныхъ бензола. Общее среднее изъ всѣхъ этихъ данныхъ будетъ $= 4.71$ и, какъ замѣчено выше, очевидно представляетъ величину эквивалентную плотности 5 атомовъ водорода $= 4.83$, каковую мы и примемъ за вліяніе, производимое замкнутой группировкой углеродныхъ атомовъ на вычисленную величину молекулярной плотности того углеводорода, который содержитъ таковую.

Величина этого инкремента очевидно складывается изъ двухъ: 1) величины отрицательной $= -3.87$, обусловленной присоединеніемъ группы CH_2 (см. выше, предѣльные углеводороды) и 2) величины положительной $= +8.70$, которая собственно и обусловливается установленіемъ замкнутой группировки, она т. о. равна вліянію 9 атомовъ водорода. Такимъ образомъ для углеводородовъ съ одной замкнутой группировкой мы будемъ имѣть для молекулярной плотности общую формулу $MD = 39.7 n + 2n H - 3.83 + 8.70$. При сопоставленіи вычисленныхъ по ней величинъ съ полученными изъ опытныхъ данныхъ, видимъ близкое совпаденіе:

		<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
Пентаметиленъ	$C_5 H_{10}$	214.88	213.00	—1.88	0.87
Гексаметиленъ	$C_6 H_{12}$	253.13	254.63	+1.50	0.51
» изъ гал. нефти	»	254.61	—	—0.02	0.0
Гексагидробензолъ	»	253.83	—	+0.80	0.30
Метилгексаметиленъ	$C_7 H_{14}$	295.30	296.27	+0.97	0.32
Диметилпентаметиленъ	»	296.43	—	—0.16	0.05
Гексагидротолуолъ	»	298.51	—	—2.24	0.75
Диметилгексаметиленъ	$C_8 H_{16}$	338.15	337.90	—0.25	0.07
Гексагидроксилолъ	»	337.45	—	+0.45	0.13
Триметиль 1, 3, 3 циклогексанъ	$C_9 H_{18}$	380.92	379.54	+1.38	0.36
Метилэтилгексаметиленъ	»	383.00	—	+3.46	0.90
Гексагидроцимолъ	$C_{10} H_{20}$	421.76	421.16	—0.60	0.14
Тетрагидротерпенъ	»	424.60	—	—3.44	0.80
Тетрагидропиненъ	»	424.81	—	—3.65	0.86
Нафтенъ	»	420.56	—	+1.16	0.27.

Какъ видно разница въ вычисленныхъ и опытныхъ величинахъ нигдѣ не доходитъ до 1%, въ большей же части случаевъ она не превышаетъ 0.5%. Если теперь въ подобныхъ веществахъ произойдетъ образованіе двойной связи между углеродными атомами, то это вызоветъ уменьшеніе вычисленной величины молекулярной плотности на 5.80 и послѣдняя для таковыхъ соединений будетъ выражаться общей формулой

$$MD = 39.7 n + (2n - 2) H - 3.87 - 5.80 + 8.70$$

таковой именно случай представляютъ намъ тетрагидрогенизированные производны бензольнаго ряда, изъ числа которыхъ изслѣдованы тетрагидробензолъ, тетрагидротолуолъ, тетрагидроксилолъ и др. Для нихъ имѣемъ:

		<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
Тетрагидробензолъ	$C_6 H_{10}$	247.33	246.90	—0.43	0.16
» толуолъ I	$C_7 H_{12}$	288.50	288.54	+0.04	0.0
» » II	»	290.05	—	—1.51	0.52
» » III	»	290.99	—	—2.45	0.84
» ксилолъ I	$C_8 H_{14}$	330.67	330.17	—0.50	0.15
» » II	»	332.13	—	—1.96	0.59
Триметиль 1, 3, 3 циклогексанъ	$C_9 H_{16}$	371.61	371.81	+0.20	0.05
Тетрагидроцимолъ	$C_{10} H_{18}$	414.98	413.44	—1.54	0.37

т. е. видимъ полное соотвѣтствіе вычисленныхъ и опытныхъ величинъ.

Установленіе второй двойной связи поведетъ за собой очевидно дальнѣйшее уменьшеніе вычисленной величины молекулярной плотности на 5.80, и послѣдняя для такихъ углеводородовъ выразится формулой

$$MD = 39.7n + (2n - 4)H - 3.87 - 2 \times 5.80 + 8.70$$

такъ напр. для дигидробензола C_6H_8 будемъ имѣть $(MD) = 239.17$, опытная же величина $MD = 240.09$, разница меньше 0.4%. При существованіи трехъ этиленныхъ связей, кромѣ замкнутой группировки, будемъ имѣть

$$MD = 39.7n + (2n - 6)H - 3.87 - 3 \times 5.80 + 8.70.$$

Таковъ именно случай для бензола и его гомологовъ, для которыхъ имѣемъ:

		MD	(MD)	Diff.	въ %
Бензолъ I	C_6H_6	232.80	231.38	—1.42	0.61
» II	—	232.55	—	—1.17	0.50
Толуолъ	C_7H_8	272.82	273.01	+0.19	0.07
Этилбензолъ	C_8H_{10}	314.73	314.63	+0.10	0.03
о. ксилолъ	—	313.30	—	+1.33	0.41
м. ксилолъ	—	313.36	—	+1.30	0.41
р. ксилолъ	—	314.16	—	+0.47	0.15
Мезитиленъ I	C_9H_{12}	354.49	356.26	+1.77	0.50
» II	—	356.67	—	—0.41	0.11
Пропилбензолъ	—	356.78	—	+0.52	0.14
Изопропилбензолъ	—	354.80	—	+1.46	0.41
Псевдокумоль	—	355.88	—	+0.38	0.11
Изобутилбензолъ	$C_{10}H_{14}$	400.08	397.89	—2.19	0.52
Цимоль I	—	397.68	—	+0.21	0.05
» II	—	397.04	—	+0.85	0.21
Діамилбензолъ	$C_{16}H_{26}$	651.73	647.64	—4.09	0.62.

Разница какъ видно не превышаетъ 0.6%. Хорошую иллюстрацію къ приведеннымъ вычисленіямъ представляютъ данныя для дифенилметана $C_{13}H_{12}$ и трифенилметана $C_{19}H_{16}$, изъ которыхъ первый заключаетъ два бензольныхъ ядра, а второй три таковыхъ, сообразно чему формула для молекулярной плотности ихъ будетъ въ первомъ случаѣ $MD = 39.7n + (2n - 14)H - 3.87 - 6 \times 5.8 + 2 \times 8.7$ и во второмъ $MD = 39.7n + (2n - 22)H - 3.87 - 9 \times 5.8 + 3 \times 8.7$. Вычисляя по нимъ, находимъ

		MD	(MD)	Diff.	въ %
Дифенилметанъ	$C_{13}H_{12}$	505.02	506.43	+1.41	0.28
Трифенилметанъ	$C_{19}H_{16}$	738.73	739.81	+1.08	0.14

т. е. полное согласіе вычисленныхъ и опытныхъ величинъ.

Изъ всего вышеизложеннаго вытекаетъ, что молекулярная плотность углеводородовъ можетъ быть вычислена по формулѣ

$$MD = n \cdot C + (2n \pm m)H - 27.3n - 3.87 \pm x$$

$$= 39.7n + (2n \pm m)H - 3.87 \pm x$$

гдѣ n — число атомовъ углерода въ частицѣ; $(2n \pm m)$ — число атомовъ водорода; C = молекулярная плотность углерода = 67.0; H = молекул. плотность водорода = 0.967 и x — инкрементъ, зависящій отъ присутствія въ частицѣ соединенія этиленныхъ связей между углеродными атомами ($F = -5.8$) и замкнутыхъ группировокъ между таковыми ($P = +8.7$). Величина этого инкремента мѣняется въ связи съ предѣльностью вещества и можетъ быть опредѣлена заранѣе простымъ вычисленіемъ. Углеводороды $C_n H_{2n+2}$ не содержатъ ни этиленной связи, ни замкнутой группировки углеродныхъ атомовъ, поэтому для нихъ $x = 0$. Рядъ $C_n H_{2n}$ можетъ содержать или этиленную связь или замкнутую группировку, для него величина x будетъ = + 8.70 или — 5.80 другихъ величинъ быть не можетъ. Точно такъ же для ряда $C_n H_{2n-2}$ получаемъ только три возможныхъ случая для x : 1) $2F = -11.60$ 2) $2P = +17.40$ и 3) $F + P = +8.70 - 5.80 = +2.90$. Подобнымъ же образомъ находимъ величину x для остальныхъ рядовъ углеводородовъ. Она содержится въ нижеприводимой таблицѣ:

$C_n H_{2n}$:	1) P	= + 8.7	$C_n H_{2n-10}$ ¹⁾ :	1) $6P$	= + 52.2
	2) F	= — 5.8		2) $5P + F$	= + 37.7
$C_n H_{2n-2}$:	1) $2P$	= + 17.4		3) $4P + 2F$	= + 23.2
	2) $P + F$	= + 2.9		4) $3P + 3F$	= + 8.7
	3) $2F$	= — 11.6		5) $2P + 4F$	= — 5.8
$C_n H_{2n-4}$:	1) $3P$	= + 26.1		6) $P + 5F$	= — 20.3
	2) $2P + F$	= + 11.6		7) $6F$	= — 34.8
	3) $P + 2F$	= — 2.9	$C_n H_{2n-12}$ ¹⁾ :	1) $7P$	= + 60.9
	4) $3F$	= — 17.4		2) $6P + F$	= + 46.4
$C_n H_{2n-6}$:	1) $4P$	= + 34.8		3) $5P + 2F$	= + 31.9
	2) $3P + F$	= + 20.3		4) $4P + 3F$	= + 17.4
	3) $2P + 2F$	= + 5.8		5) $3P + 4F$	= + 2.9
	4) $P + 3F$	= — 8.7		6) $2P + 5F$	= — 11.6
	5) $4F$	= — 23.2		7) $P + 6F$	= — 26.1
$C_n H_{2n-8}$:	1) $5P$	= + 43.5		8) $7F$	= — 40.6
	2) $4P + F$	= + 29.0			
	3) $3P + 2F$	= + 14.5			
	4) $2P + 3F$	= + 0.0			
	5) $P + 4F$	= — 14.5			
	6) $5F$	= — 29.0			

1) Къ этимъ величинамъ инкремента x нужно прибавить еще случай присутствія нафталинно-этиленной связи, которая, какъ увидимъ ниже, оказываетъ особое вліяніе = — 25.4 и тогда будетъ для $C_n H_{2n-10}$

6¹⁾ $2P + 3F + 1H = -25.14$, а для $C_n H_{2n-12}$: 6¹⁾ $2P + 4F + 1H = -30.94$.

Иныхъ величинъ, кромѣ приведенныхъ въ таблицѣ, инкрементъ x очевидно имѣть не можетъ, и это обстоятельство даетъ намъ въ руки прекрасный способъ для опредѣленія, во-первыхъ, числа этиленныхъ связей и замкнутыхъ группировокъ въ частицѣ даннаго соединенія, а во-вторыхъ, даетъ возможность судить о чистотѣ препарата или точности опредѣленій для послѣдняго показателя преломленія и удѣльнаго вѣса. Такъ возьмемъ случай углеводородовъ C_6H_{12} , изъ числа которыхъ изслѣдованы четыре образчика разнаго происхожденія: 1) гексагидробензолъ Кижнера, 2) гексаметиленъ Зелинскаго, 3) гексаметиленъ изъ галиційской нефти Фортей и Перкина и 4) обычный гексилень Ландольта и Яна. По формулѣ

$$MD = 39.7n + (2n \pm m) H - 3.87 \pm x$$

находимъ для нихъ $MD = 245.93 \pm x$.

Опытныя же величины молекулярной плотности будутъ для нихъ

	I	II	III	IV
$MD =$	253.83	253.13	254.61	238.85
откуда $x =$	$+ 7.90$	$+ 7.20$	$+ 8.68$	$- 7.08$.

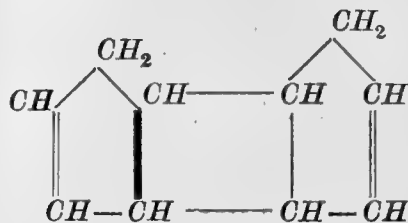
Изъ приведенной таблицы значенія x мы видимъ, что въ углеводородахъ съ такой не-предѣльностью, какую имѣютъ эти вещества, можетъ заключаться только или этиленная связь или замкнутая группировка; въ первомъ случаѣ величина x будетъ $= + 8.7$, а во второмъ $- 5.8$. Очевидно, что первые три образчика рассматриваемыхъ углеводородовъ отвѣчаютъ первому случаю, а четвертый — второму, при томъ первые два несомнѣнно менѣе чисты (или опредѣлены менѣе точно) чѣмъ третій, точно такъ же гексилень Ландольта и Яна былъ недостаточно чистый препаратъ, такъ какъ разница въ величинѣ опытнаго инкремента и вычисленнаго довольно значительна. Т. о. относительно этихъ углеводородовъ, рассматривая величину инкремента ихъ молекулярной плотности, мы можемъ сказать во-первыхъ: заключаетъ ли тотъ или другой этиленную связь углеродныхъ атомовъ или замкнутую группировку таковыхъ, а во-вторыхъ, что наиболѣе чистымъ препаратомъ является гексаметиленъ Фортея и Перкина, за нимъ слѣдуютъ гексагидробензолъ Кижнера, гексилень Ландольта и гексаметиленъ Зелинскаго.

Точно такъ же, если мы возьмемъ два изомерныхъ углеводорода C_6H_{10} : діаллилъ и тетрагидробензолъ, то мы также легко можемъ опредѣлить въ каждомъ изъ нихъ число этиленныхъ и круговыхъ связей. Изъ ихъ формулы находимъ $MD = 244.00 \pm x$. Опытныя величины будутъ

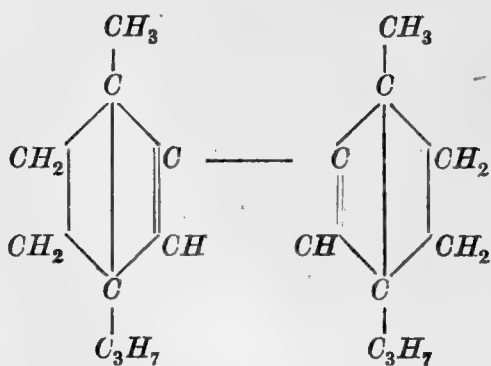
Діаллилъ	$MD = 232.19$	$x = - 11.81$
Тетрагидробензолъ	$= 247.33$	$x = + 3.33$.

Изъ таблицы явствуетъ, что въ первомъ случаѣ x указываетъ на присутствіе двухъ этиленныхъ связей, а во второмъ одной этиленной и одной круговой, такъ какъ значеніе его будетъ въ первомъ $= -11.6$, а во второмъ $+2.9$, третій возможный случай $x = +17.4$ очевидно не отвѣчаетъ дѣйствительности ни въ томъ ни другомъ и т. о. исключается.

Возьмемъ наконецъ болѣе сложные случаи дициклопентадіена $C_{10}H_{12}$, полученнаго Кремеромъ и Спикеромъ и пинаконена Бекмана $C_{20}H_{30}$. Для перваго имѣемъ $MD = 404.73 \pm x$; опытная величина $= 422.29$; $x = +17.56$. Изъ таблицы видимъ, что для углеводородовъ этого ряда, C_nH_{2n-8} , возможны 6 комбинацій, дающихъ $x = 1) +43.5$ 2) $+29.0$ 3) $+14.5$ 4) ± 0 5) -14.5 и 6) -29.0 . Очевидно дициклопентадіенъ отвѣчаетъ третьему $= +14.5$, разница въ величинѣ опытнаго и вычисленнаго инкремента несомнѣнно обусловливается недостаточной чистотой препарата. Т. о. въ этомъ углеводородѣ мы должны принять нахожденіе трехъ замкнутыхъ группировокъ и двухъ этиленныхъ связей между углеродными атомами, и дѣйствительно Кремеръ и Спикеръ, исходя изъ способа образованія этого углеводорода даютъ ему формулу, вполне отвѣчающую приведенному вычисленію:



Точно такъ же относительно пинаконена Бекмана $C_{20}H_{30}$, относящагося къ ряду C_nH_{2n-10} , имѣемъ $MD = 823.01 \pm x$; опытная величина $MD = 850.80$, откуда $x = +22.79$. Изъ таблицы видимъ, что этотъ случай отвѣчаетъ изъ семи возможныхъ только одному третьему, дающему $x = +23.2$. Этотъ случай представляетъ присутствіе въ частицѣ четырехъ замкнутыхъ группировокъ и двухъ этиленныхъ связей. Исходя изъ происхожденія (изъ камферпинакона) и превращеній этого вещества, Бекманъ даетъ ему формулу



вполнѣ отвѣчающую нашему вычисленію.

Руководясь этими правилами, рассмотримъ теперь, по порядку, всѣ ряды соединеній углерода съ водородомъ. Для ряда предѣльныхъ углеводородовъ C_nH_{2n+2} и олефиновъ

C_nH_{2n} выше приведены уже всѣ данныя. Для изомерныхъ же олефинамъ циклическихъ углеводородовъ C_nH_{2n} имѣемъ еще наблюденія для пентаметилена, деметилтриметилена; углеводородовъ C_nH_{2n} изъ кавказской нефти и продуктовъ гидрогенизаціи производныхъ бензола.

Пентаметилень C_5H_{10} полученъ Вислиценусомъ¹⁾ и для него найдено $n_D^{20.5} = 1.4039$ при $d^t = 0.7506$, откуда вычисляемъ $D = 3.0698$ и $MD = 214.88$. Принимая въ этомъ углеводородѣ замкнутую группировку углеродныхъ атомовъ, вычисляемъ для него молекулярную плотность по формулѣ $MD = 39.7n + 2n.H - 3.87 + 8.70 = 313.0$, что близко совпадаетъ съ величиной, найденной при опытѣ, разница — 1.88 отвѣчаетъ только 0.87% и т. о. вполне подтверждаетъ предположеніе, что этотъ углеводородъ относится къ циклическимъ. Нѣсколько иное мы видимъ при его изомерѣ деметилтриметилень Густавсона и Попперъ²⁾. Последніе нашли для этого углеводорода $n_D^{20} = 1.3659$ при $d^t = 0.6604$, откуда $D = 2.946$ и $MD = 206.43$. Вычисленная же по предыдущему величина его молекулярной плотности, относя его къ циклическимъ соединеніямъ, должна быть $= 213.0$, разница $= 6.56$, что составляетъ 3.17% и является совершенно не допустимой и можетъ быть объяснена или неточностью опредѣленій показателя преломленія и удѣльнаго вѣса или недостаточной чистотой препарата. Допустить первое предположеніе едва ли возможно: способы опредѣленія показателя преломленія и удѣльнаго вѣса таковы, что допускаютъ лишь небольшія ошибки въ ту и другую сторону, сравнительно мало вліяющія на результатъ. Такъ напр. при препаратахъ такого различнаго происхожденія и разныхъ наблюдателей, каковы синтетическій гексаметилень Зелинскаго, гексаметилень изъ галиційской нефти Фортея и Перкина и гексагидробензолъ Кижнера, мы имѣемъ разницу въ опредѣленіи MD in vacuo $= 1.48$, что отвѣчаетъ только 0.85%. Съ другой стороны чистота препарата диметилтриметилена удостовѣряется анализами, приводимыми г.г. Густавсонъ и Попперъ. Остается только одно предположеніе, что авторы имѣли не однородный продуктъ, а смѣсь изомеровъ разнаго строенія и потому имѣющихъ разную величину молекулярной плотности. Въ самомъ дѣлѣ: величина послѣдней для препарата Густавсона и Попперъ *меньше*, чѣмъ должна быть для углеводорода съ замкнутой цѣпью углеродныхъ атомовъ (таковая $= 213.0$) и *больше*, чѣмъ для углеводорода съ этиленной связью (тогда $= 198.50$). Естественнымъ образомъ является предположеніе, что диметилтриметилень Густавсона и Попперъ содержитъ примѣсь изомернаго ему амилена, содержащаго двойную связь между углеродными атомами, примѣсь, которая и производитъ пониженіе величины его молекулярной плотности. Подтвержденіемъ этого обстоятельства служить наблюденіе авторовъ надъ дѣйствіемъ на ихъ препаратъ раствора перманганата: «freilich erscheint nach einer Viertelstunde die Färbung etwas dunkler»; это потемнѣніе раствора перманганата очевидно обусловливается окисленіемъ примѣшаннаго къ диметил-

1) Lieb. Ann. 275, 329. 2) Jour. pr. Ch. 58, 459.

триметилену углеводорода съ двойной связью, количество котораго было видимо недостаточно для получения болѣе яснаго эффекта возстановленія перманганата.

Обращаемся къ углеводородамъ C_nH_{2n} изъ кавказской нефти. Пять членовъ этого ряда были получены и изслѣдованы Морковниковымъ и Оглоблинымъ ¹⁾ еще въ 1888 г. Определеніе показателей преломленія было произведено мною на препаратахъ, доставленныхъ мнѣ авторами. Изслѣдованіе ихъ свѣтопреломляющей способности показало тогда же, что въ нихъ отсутствуетъ двойная связь между углеродными атомами, но оказалось въ то же время, что изслѣдованные препараты едва ли свободны отъ примѣси высшихъ гомологовъ, на что обращалъ вниманіе и Коноваловъ ²⁾. Это вполне подтверждается изученіемъ ихъ молекулярной плотности. Вычисляя послѣднюю по формулѣ

$$MD = 39.7n + 2n.H - 3.87 + 8.70$$

находимъ:

		<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ ‰
Нафтенъ	$C_{10}H_{20}$	420.56	421.16	+ 0.60	0.13
»	$C_{11}H_{22}$	467.28	462.80	— 4.48	0.96
»	$C_{12}H_{24}$	510.85	504.43	— 6.42	1.25
»	$C_{14}H_{28}$	596.72	587.71	— 9.01	1.52
»	$C_{15}H_{30}$	641.50	629.35	—12.15	1.89

т. е. разница въ вычисленныхъ и опытныхъ величинахъ, постепенно увеличиваясь, доходитъ почти до 2‰, что несомнѣнно объясняется тѣмъ, что къ каждому низшему члену примѣшанъ высшій членъ ряда, повышающій величину молекулярной плотности. Сомнѣнія же въ принадлежности этихъ углеводородовъ къ циклическимъ быть не можетъ. Возьмемъ наихудшій случай: нафтенъ $C_{15}H_{30}$. Для него имѣемъ $MD = 620.64 \pm x$, опытная величина $MD = 641.50$ и слѣдовательно x имѣетъ положительный знакъ, какъ того требуетъ принадлежность этого углеводорода къ циклическимъ, а не отрицательный, который указывалъ бы въ немъ присутствіе этиленной связи. Большая разница найденной величины для $x = + 20.86$ и вычисленной $= + 8.70$, объясняется, какъ сказано выше, недостаточной чистотой препарата.

Что касается до продуктовъ гидрогенизаціи бензола и его гомологовъ, относящихся къ ряду C_nH_{2n} , то изъ нихъ изслѣдованы Кновенагелемъ гексагидротолуолъ C_7H_{14} , гексагидроксиллъ C_8H_{16} , триметилъ 1, 3, 3 — циклогексанъ C_6H_{12} и метилизопропилгексагидробензолъ $C_{10}H_{20}$. Сюда же можно отнести продукты гидрогенизаціи терпеновъ: тетрагидротерпень Орлова и тетрагидропиненъ Валлаха. Всѣ они относятся къ числу циклическихъ углеводородовъ и не содержатъ этиленной связи, но что ясно указываетъ ихъ моле-

1) Жур. Р. Ф. Х. Общ. XV, 339.

2) Коноваловъ, нафтены, гексагидробензолы и ихъ производныя 1889, 13.

кулярная плотность, которая будучи вычислена формулѣ $MD = 39.7 n + 2n.H - 3.87 + + 8.70$ даетъ величины совершенно согласныя и полученными изъ опытныхъ данныхъ:

		MD	(MD)	Diff.	въ %
Гексагидротолуолъ	$C_7 H_{14}$	298.51	296.27	—2.24	0.75
Гексагидроксилолъ	$C_8 H_{16}$	337.45	337.90	+0.45	0.13
Триметилъ 1, 3, 3 циклогексанъ	$C_9 H_{18}$	380.92	379.54	—1.38	0.36
Метилизопропилгексагидробензолъ	$C_{10} H_{20}$	425.29	421.16	—4.13	0.97
Тетрагидротерпенъ	—	424.60	—	—3.44	0.80
Тетрагидропиненъ	—	424.81	—	—3.65	0.86

т. е. разница не доходитъ до 1%.

Переходимъ къ слѣдующему ряду углеводородовъ $C_n H_{2n-2}$. Относящіеся сюда вещества могутъ являться въ разныхъ изомерныхъ формахъ: 1) углеводороды съ двумя замкнутыми группировками углеродныхъ атомовъ 2) углеводороды съ двумя этиленными связями 3) содержащіе одну этиленную связь и одну замкнутую группировку и 4) содержащіе тройную связь между углеродными атомами. Мы имѣемъ представителей трехъ послѣднихъ рядовъ. Второй рядъ, къ которому принадлежатъ валерилъ $C_5 H_8$ и діаллилъ $C_6 H_{10}$ разсмотримъ отчасти уже выше; относящійся къ нему же октинъ Реформатскаго $C_8 H_{14}$ не представляетъ отклоненій отъ нормы, хотя найденная для него величина $MD = 312.67$ отличается отъ вычисленной $= 315.67$ на 3.00, что $= 0.95\%$ — т. е. даетъ разницу нѣсколько большую чѣмъ бы слѣдовало, но это легко объясняется не полной чистотой препарата, трудно получимаго въ совершенно чистомъ состояніи. То же самое нужно сказать и объ углеводородѣ $C_{10} H_{18}$, полученномъ Валлахомъ при кипяченіи съ водой ментониламинъ-нитрита¹⁾. Изъ найденныхъ для него величинъ показателя преломленія и удѣльнаго вѣса находимъ $MD = 399.44$. Изъ формулы $MD = 39.7 n + (2n - 2) H - 3.87 \pm x$, находимъ $MD = 410.53 \pm x$, откуда $x = -11.06$, что отвѣчаетъ присутствію двухъ этиленныхъ связей; вычисляя въ этомъ направленіи молекулярную плотность этого углеводорода, получаемъ величину $(MD) = 398.93$, отличающуюся отъ опытной на 0.13%, т. о. этотъ углеводородъ является изомернымъ ментену, относящемуся къ третьему ряду рассматриваемыхъ углеводородовъ, заключающихъ кромѣ этиленной связи еще и замкнутую группировку между углеродными атомами. Молекулярная плотность для такихъ веществъ будетъ слѣдовательно вычисляться по формулѣ $MD = 39.7 n + (2n - 2) H - 3.87 - 5.80 + 8.70$. Сюда, кромѣ ментена, относятся еще камфолъ $C_9 H_{16}$, полученный Тиманомъ, триметилъ — 1, 3, 3 — циклогексенъ Кновенагеля²⁾, углеводородъ $C_9 H_{16}$, полученный Валлахомъ³⁾ изъ пулегеновой кислоты и тетрагидробензолы Кновенагеля⁴⁾. Въ нижеприведенной таблицѣ сопоставлены опытные и вычисленные величины молекулярной плотности этихъ веществъ. Для тетрагидротолуола приведены еще данныя Валлаха (обр. I).

1) Lieb. Ann. 278, 315.

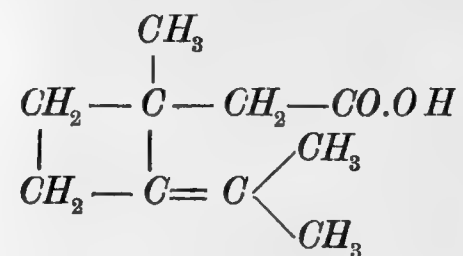
2) Lieb. Ann. 297, 117 и ch.

3) Lieb. Ann. 289, 350.

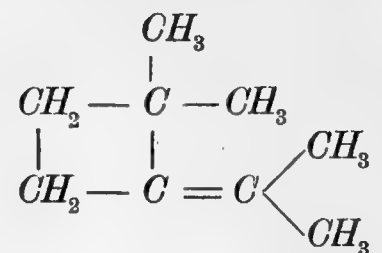
4) Lieb. Ann. 289, 140 и 297, 130.

		<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
Тетрагидротолуоль I	$C_7 H_{12}$	290.99	288.54	—2.45	0.84
» II	»	288.50	—	+0.04	0.01
» III	»	290.05	—	—1.51	0.52
Тетрагидроксилоль I	$C_8 H_{14}$	330.67	330.17	—0.50	0.15
» II	»	332.13	—	—1.96	0.59
Камфолень Тимана	$C_9 H_{16}$	374.98	371.79	—3.19	0.85
Триметил-1,3,3-циклогексенъ	»	371.61	—	+0.18	0.05
Углеводородъ Валлаха	»	371.64	—	+0.15	0.04
Тетрагидроцимолъ	$C_{10} H_{18}$	414.98	413.43	—1.55	0.37
s-Ментенъ Кновенагеля	»	416.07	—	—2.64	0.63
Ментаментенъ I	»	414.77	—	—1.34	0.30
» II	»	415.38	—	—1.95	0.46
m. Изобутилтетрагидротолуоль	$C_{11} H_{20}$	457.41	455.08	—2.33	0.51
m. Гексилтетрагидротолуоль	$C_{13} H_{24}$	543.81	538.34	—5.47	1.00.

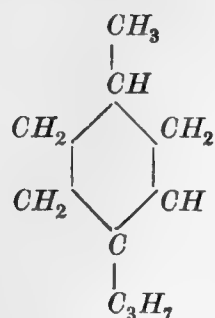
Согласіе опытныхъ и вычисленныхъ величинъ совершенно удовлетворительное; оно вполне подтверждаетъ формулы строенія этихъ веществъ, выведенныя изслѣдовавшими ихъ авторами, въ томъ что касается до распредѣленія въ нихъ этиленныхъ и замкнутыхъ связей между углеродными атомами. Такъ напр. при сухой перегонкѣ пулегеновой кислоты $C_{10}H_{16}O_2$ Валлахъ получилъ углеводородъ C_9H_{16} . Строеніе первой по автору



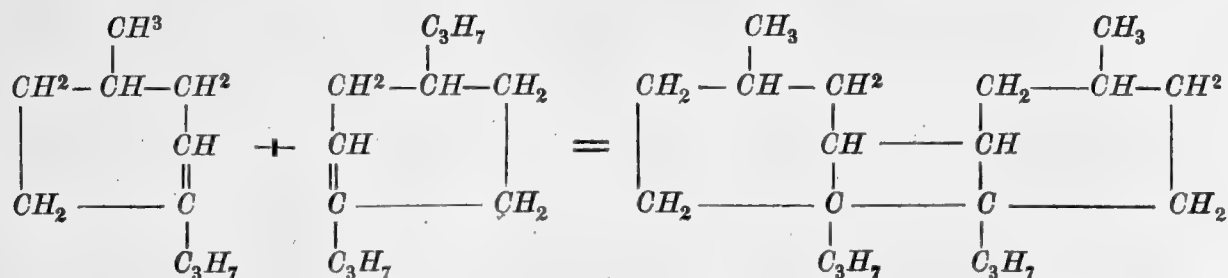
При выдѣленіи изъ нея карбоксильной группы элементовъ угольного ангидрида получится



углеводородъ, являющійся производнымъ тетраметилена, заключающій замкнутую группировку углеродныхъ атомовъ и этиленную связь, что вполне и подтверждается изслѣдованіемъ его молекулярной плотности. Мы не станемъ разбирать каждый случай, это было бы повтореніемъ уже сказаннаго, и остановимся только подробнѣе на ментаментенѣ. Какъ извѣстно, этому углеводороду приписывается формула



Сообразно съ величиной его молекулярной плотности должна вычисляться по формулѣ $MD = 39.7n + (2n - 2)H - 3.87 - 5.80 + 8.70$ и мы видѣли, что результатъ вычисления вполне совпадаетъ съ опытной величиной. Этотъ углеводородъ былъ полученъ Толлочно¹⁾ при дѣйствіи SO_4H_2 на ментолъ; рядомъ съ нимъ, какъ оказывается, образуется значительное количество его полимера $\text{C}_{20}\text{H}_{36}$. Изслѣдованіе послѣдняго не привело ни къ какимъ опредѣленнымъ заключеніямъ относительно его строенія. Опредѣленіе его свѣтопреломляющей способности не дало даже отвѣта на вопросъ о томъ, заключается въ немъ двойная связь между углеродными атомами или нѣтъ. Изученіе же молекулярной плотности этого вещества даетъ весьма опредѣленные указанія относительно его строенія. Показатель преломленія для диментена $n_D^{22} = 1.4841$ при $d^t = 0.8801$, откуда $MD = 848.64$. По своей формулѣ этотъ углеводородъ относится къ ряду $\text{C}_n\text{H}_{2n-4}$ и вычисленная, согласно съ ней, величина молекулярной плотности будетъ $MD = 824.94 \pm x$, откуда $x = + 23.70$. Изъ таблицы инкрементовъ мы видимъ, что для углеводородовъ $\text{C}_n\text{H}_{2n-4}$ возможны только четыре случая для x : 1) $+ 26.1$ 2) $+ 11.6$ 3) $- 2.9$ и 4) $- 17.4$. Очевидно, что диментенъ отвѣчаетъ первому и въ немъ т. о. должны находиться три замкнутыхъ группировки углеродныхъ атомовъ и ни одной этиленной связи, такъ какъ въ такомъ случаѣ величина инкремента молекулярной плотности диментена явилась бы $= + 11.6$, т. е. вдвое меньшей, чѣмъ найдено при опытѣ, что ни въ какомъ случаѣ не можетъ быть допущено, даже при грубыхъ ошибкахъ опредѣленій. Т. о. мы неизбежно должны принять, что въ нашемъ углеводородѣ не содержится ни одной двойной связи и онъ слѣдовательно образовался изъ ментена уплотненіемъ на счетъ тѣхъ двойныхъ связей, между углеродными атомами, которыя содержатся въ послѣднемъ, т. е. строеніе диментена должно быть:

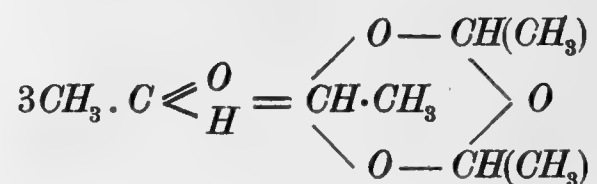


Изъ этой формулы ясно, что въ этомъ веществѣ и не должно быть ни одной двойной связи, а находятся три замкнутыхъ группировки углеродныхъ атомовъ. Сообразно этому

1) Ж. Р. Ф.-Х. Об. 29, 39.
Зап. Физ.-Мат. Отд.

молекулярная плотность диментена должна вычисляться по формулѣ $MD = 39.7n + (2n - 4)H - 3.87 + 3 \times 8.70$, что даетъ $(MD) = 851.03$, величину близко подходящую къ той, которая получена изъ опытныхъ данныхъ и $= 848.64$; разница 2.39 отвѣчаетъ только 0.28%. Такое строеніе диментена находитъ себѣ полное подтвержденіе въ химическихъ свойствахъ этого вещества. Толлочко не могъ получить его соединенія съ бромомъ: при дѣйствіи послѣдняго происходило только выдѣленіе бромоводорода; точно такъ же растворъ перманганата не обезцвѣчивался этимъ углеводородомъ. Оба эти явленія ясно указываютъ на то, что диментенъ не принадлежитъ къ числу ненасыщенныхъ углеводородовъ, для которыхъ столь характерны реакціи съ бромомъ и перманганатомъ. Очевидно, онъ является представителемъ новой группы углеводородовъ, по формулѣ принадлежащихъ къ числу непредѣльныхъ, а по свойствамъ, подобно полиметиленамъ, къ числу насыщенныхъ.

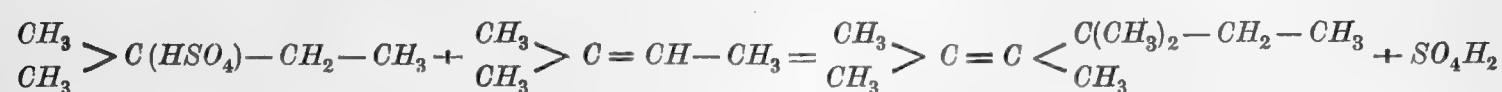
Уплотненіе ментена въ диментенъ представляетъ типическій случай истинной химической полимеріи. Какъ замѣчено уже выше, истинные полимеры могутъ образоваться только изъ непредѣльныхъ веществъ, на счетъ свободнаго сродства, иначе двойныхъ связей, входящихъ въ составъ частицы многоатомныхъ элементовъ; при этомъ необходимымъ условіемъ является пониженіе непредѣльности, иначе уменьшеніе числа многократныхъ связей между многоатомными элементами. Когда уплотненіе идетъ на счетъ свободнаго сродства углеродныхъ атомовъ, то вновь образующееся вещество является очень прочнымъ и не регенерирующимъ то, изъ котораго образовалось, когда же уплотненіе совершается на счетъ свободнаго сродства разнородныхъ атомовъ, напр. кислорода и углерода, то образовавшійся полимеръ сравнительно легко распадается съ образованіемъ вновь того вещества, изъ котораго образовался. Таковъ напр. случай съ паральдегидомъ, получающимся уплотненіемъ уксуснаго альдегида. Въ послѣднемъ имѣется двойная связь между углероднымъ и кислороднымъ атомами, почему онъ долженъ быть разсматриваемъ какъ вещество непредѣльное. На счетъ этихъ то свободныхъ средствъ и происходитъ образованіе изъ трехъ частицъ уксуснаго альдегида одной частицы паральдегида:



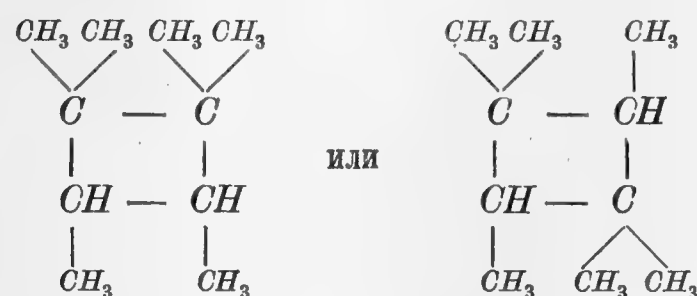
который т. о. относится къ числу эфировъ полиэтиленовыхъ спиртовъ и уже не содержитъ ни одной двойной связи между углероднымъ и кислороднымъ атомами, а вмѣсто нихъ заключаетъ своеобразную замкнутую группировку, состоящую изъ углеродныхъ и кислородныхъ атомовъ, въ родѣ той, какая находится въ окиси этилена $\begin{array}{c} CH_2 \\ | \\ CH_2 \end{array} \begin{array}{c} \diagdown O \\ \diagup O \end{array}$.

Разсматривая съ этой точки зрѣнія полученіе діамилена изъ амилена мы не можемъ видѣть въ немъ случая истинной полимеризаціи, такъ какъ образующійся изъ амилена діамиленъ содержитъ также двойную связь между углеродными атомами, какъ и самъ амиленъ,

т. е. надлежащаго уменьшенія непредѣльности не происходитъ. Какъ извѣстно, образование діамилена изъ амилена при дѣйстви SO_4H_2 объясняется слѣдующимъ образомъ: триметилэтиленъ $\begin{smallmatrix} CH_3 \\ CH_3 \end{smallmatrix} > C = CH - CH_3$ съ SO_4H_2 образуютъ сѣрноэфирную кислоту $\begin{smallmatrix} CH_3 \\ CH_3 \end{smallmatrix} > C(H \cdot SO_4) - CH_2 - CH_3$, которая реагируетъ съ новой частицей C_5H_{10} , по уравненію



Во вновь образовавшемся углеводородѣ какъ видно имѣется двойная связь между углеродными атомами, и онъ является такимъ образомъ не полимеромъ, а гомологомъ амилена, истинный же полимеръ послѣдняго долженъ имѣть строеніе:



т. е. долженъ представлять изъ себѣ гексаметилтетраметилэтиленъ и, заключая замкнутую группировку углеродныхъ атомовъ, не можетъ содержать ни одной двойной связи таковыхъ. Опредѣленіе молекулярной плотности діамилена, какъ мы видѣли выше, даетъ величину, значительно отличающуюся отъ вычисленной, въ предположеніи, что онъ содержитъ двойную связь между углеродными атомами. Именно, въ этомъ случаѣ вычисляется $(MD) = 406.67$, а изъ опытныхъ данныхъ имѣемъ $MD = 413.75$; разница $7.08 = 1.68\%$ далеко превосходитъ допустимыя ошибки опыта и объясняется, по всей вѣроятности, тѣмъ, что къ углеводороду съ двойной связью примѣшанъ образовавшійся вмѣстѣ съ нимъ циклическій изомеръ — истинный полимеръ амилена, который долженъ имѣть гораздо большую величину молекулярной плотности, чѣмъ первый, именно $= 421.17$. Присутствіе его и повышаетъ столь значительно величину молекулярной плотности діамилена, т. е. правильнѣе триметилтретичнаго амилэтилена. Съ этимъ предположеніемъ хорошо согласуются и указанія на то, что діамиленъ трудно и не вполне соединяется съ бромомъ: получается небольшое количество бромюра, а главнымъ образомъ происходитъ выдѣленіе бромоводорода¹⁾. Весьма было бы любопытно вновь изслѣдовать вопросъ о полимеризаціи амилена, обращая вниманіе на возможность образованія при этомъ двухъ изомерныхъ формъ продуктовъ уплотненія.

Обращаемся теперь снова къ прерванному обзору молекулярной плотности углеводородовъ ряда C_nH_{2n-2} . Намъ остается разсмотрѣть послѣдній и любопытнѣйшій случай ихъ

1) По устному сообщенію проф. Ф. М. Флавицкаго.

изомериі, именно тотъ, который обусловливается присутствіемъ въ частицѣ тройной связи между углеродными атомами. Къ такимъ углеводородамъ, изъ числа изслѣдованныхъ, относятся ацетиленъ C_2H_2 и гептиденъ C_7H_{12} . Для этихъ веществъ имѣемъ изъ опытныхъ данныхъ величины молекулярной плотности:

		<i>MD</i>
ацетиленъ	C_2H_2	73.43
гептиденъ	C_7H_{12}	282.49.

Дѣлая для нихъ сопоставленіе съ суммой атомныхъ плотностей углерода и водорода, находимъ

$$\begin{array}{rcl}
 2C + 2H = 135.96 & & 7C + 12H = 480.60 \\
 C_2H_2 = 73.43 & & C_7H_{12} = 282.49 \\
 \hline
 62.53 = 27.3 \times 2 + 7.93 & & 198.11 = 27.3 \times 7 + 7.01
 \end{array}$$

т. е. молекулярная плотность для нихъ выражается формулой

$$MD = 39.7n + (2n - 2)H - x.$$

Этотъ x въ среднемъ выводѣ $= 7.47$, т. е. представляетъ величину очевидно эквивалентную плотности 8 атомовъ водорода $= 7.74$ и несомнѣнно слагающуюся также изъ двухъ, какъ и при двойной связи, т. е. изъ вліянія вступленія группы $CH_2 = - 3.87$ и собственно вліянія тройной связи, равнаго также $- 3.87$, т. е. плотности 4 атомовъ водорода. Сообразно этому, для углеводородовъ, заключающихъ тройную связь между углеродными атомами, получимъ для молекулярной плотности общую формулу

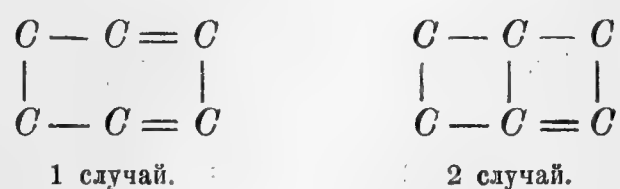
$$MD = 39.7n + (2n - 2)H - 3.87 - 3.87.$$

Вычисленные по ней величины въ точности совпадаютъ съ найденными изъ опытныхъ данныхъ:

		<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
Ацетиленъ	C_2H_2	73.43	73.60	+ 0.17	0.23
Гептиденъ	C_7H_{12}	282.49	281.76	- 0.73	0.25.

Прекрасное подтвержденіе справедливости этого даетъ изслѣдованіе дипропаргила C_6H_6 , въ которомъ, какъ извѣстно, принимается нахожденіе двухъ тройныхъ связей между углеродными атомами. Вычисляя для него молекулярную плотность по формулѣ $MD = 39.7n + (2n - 6)H - 3.87 - 2 \times 3.87$, находимъ $(MD) = 232.40$, изъ опытныхъ же данныхъ имѣемъ $MD = 232.27$; разница отвѣчаетъ только 0.05%.

Переходимъ теперь къ слѣдующему по непредѣльности ряду углеводородовъ C_nH_{2n-4} . Между многими изомерными случаями, возможными здѣсь, изслѣдованы сравнительно немногіе, относящіеся главнымъ образомъ къ классу терпеновъ. Эти послѣдніе, какъ извѣстно, относятся къ циклическимъ углеводородамъ и по своей ненасыщенности могутъ быть раздѣлены на двѣ группы: заключающіе двѣ двойныхъ связи между углеродными атомами и заключающіе одну таковую. Схематически строеніе ихъ можно выразить, принимая напр. въ нихъ шестичленное кольцо, слѣдующей формулой

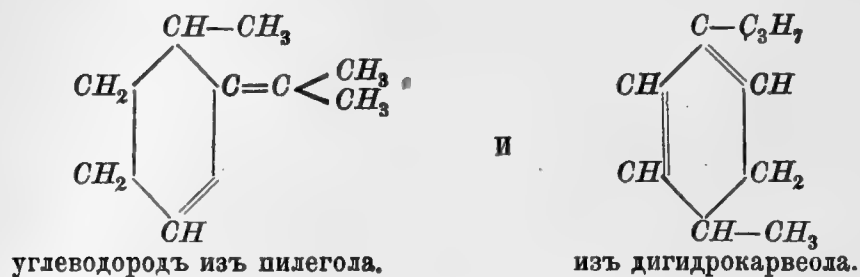


Сообразно этому, въ первыхъ должна находиться одна, а во вторыхъ двѣ замкнутыхъ группировки. Дѣйствительно, разсматривая величины молекулярной плотности этихъ углеводородовъ, мы видимъ, что всѣ они могутъ быть отнесены въ двѣ группы. Къ первой принадлежатъ тѣ, которые имѣютъ величину молекулярной плотности около 420.20, каковы пинень, теребентенъ, борнекамфень и др., ко второй же относятся тѣ, молекулярная плотность которыхъ близка къ 405.70, каковы депентень, силвестренъ, туйень и др. Вычисляя молекулярную плотность первыхъ по формулѣ $MD = 39.7n + (2n - 4)H \pm x$, находимъ, что x въ среднемъ выводѣ $= + 12.81$. Изъ всѣхъ возможныхъ случаевъ эта величина отвѣчаетъ, судя по таблицѣ значенія x , тому, когда въ частицѣ находятся двѣ замкнутыхъ группировки и одна этиленная связь между углеродными атомами. Точно такимъ же образомъ, по значенію x , найдемъ, что въ терпенахъ второго рода должны находиться одна замкнутая группировка и двѣ этиленныхъ связи. Это заключеніе, вытекающее исключительно изъ разсмотрѣнія только величинъ молекулярной плотности этихъ углеводородовъ, какъ видно вполне подтверждаетъ то строеніе этихъ веществъ, которое было приписано имъ, исходя изъ ихъ химическихъ превращеній. Такимъ образомъ для молекулярной плотности терпеновъ мы имѣемъ двѣ формулы: $MD = 39.7n + (2n - 4)H - 3.87 - 5.80 + 2 \times 8.70$, когда въ нихъ имѣется одна этиленная связь, и $MD = 39.7n + (2n - 4)H - 3.87 - 2 \times 5.80 + 8.70$, когда послѣднихъ находится двѣ. Къ первымъ относятся

1 группа.	MD	(MD)	Diff.	въ %
Пинень	421.17	420.20	-0.97	0.23
Теребентенъ	421.41	—	-1.21	0.28
Прав. терпенъ	421.45	—	-1.25	0.29
Борнекамфень	421.62	—	-1.42	0.33
Камфень Валаха	423.55	—	-3.35	0.79

2 группа.	MD	(MD)	Diff.	въ %
Дипентень	407.11	405.70	—1.41	0.34
Сильвестренъ	407.18	—	—1.48	0.36
Туйень I	405.02	—	+0.68	0.16
» II	406.43	—	—0.73	0.18.

Ко второй же группѣ должны быть отнесены углеводороды $C_{10}H_{16}$, полученные Валлахомъ изъ пулегола¹⁾, отнятіемъ воды фосфорнымъ ангидридомъ и изъ дигидрокарвеола²⁾. Для перваго $MD = 408.58$, а для втораго $= 402.20$. Обѣ эти величины ясно указываютъ на принадлежность этихъ терпеновъ къ группѣ дементена, очевидно только они не вполне чисты: разница съ вычисленной величиной молекулярной плотности для перваго $= 2.88$ отвѣчаетъ 0.70%, а для втораго $= 3.50$, немного больше —0.87%. Т. о. строеніе этихъ веществъ, данное Валлахомъ



находить себѣ полное подтвержденіе въ изслѣдованіи величины ихъ молекулярной плотности въ отношеніи присутствія въ нихъ того или другаго числа замкнутыхъ группировокъ и этиленныхъ связей между углеродными атомами.

Къ числу веществъ близкихъ къ терпенамъ относятся сесквитерпены $C_{15}H_{24}$, принадлежащіе къ ряду C_nH_{2n-6} . Вещества эти изслѣдованы чрезвычайно мало, но основываясь на наблюденіяхъ Валлаха надъ ихъ показателями преломленія и удѣл. вѣсомъ, мы можемъ вычислить ихъ молекулярную плотность, а эта послѣдняя даетъ немаловажныя указанія на то строеніе, которое должны имѣть эти вещества. Валлахъ³⁾ изслѣдовалъ слѣдующіе углеводороды $C_{15}H_{24}$

	t°	n_D	d^t	D	MD	(MD)	Diff.	въ %
Пачуленъ	23°	1.50094	0.9390	3.1875	650.25	649.63	—0.62	0.09
Кловень	18	1.50066	0.9300	3.1584	644.31	—	+5.32	0.82
Кадинень	20	1.50647	0.9180	3.0874	629.83	635.13	+5.30	0.84
Каріофилень	15	1.50094	0.9085	0.3084	629.13	—	+6.00	0.95

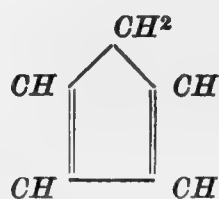
1) Berl. Ber. 29, 2955.

2) Lieb. Ann. 275, 110.

3) Lieb. Ann. 271, 288, и 279, 394.

Какъ видно, по величинѣ молекулярной плотности, эти углеводороды могутъ быть раздѣлены на двѣ рѣзко отличающіяся другъ отъ друга группы; къ первой принадлежатъ пачуленъ и кловенъ, ко второй кадиненъ и каріофиленъ. Исходя изъ ихъ состава, вычисляемъ молекулярную плотность этихъ веществъ по формулѣ $MD = 39.7n + (2n - 6)H - 3.87 \pm x$ и находимъ, что для первой группы величина послѣдняго въ среднемъ выводѣ $= + 32.45$, а для второго $+ 14.65$. Изъ таблицы значенія x -овъ находимъ, что для углеводородовъ той неопредѣленности, какую имѣютъ сесквитерпены, возможны для x только слѣдующія величины: 1) $+ 34.8$; 2) $+ 20.3$; 3) $+ 5.8$; 4) $- 23.2$. Три послѣднія очевидно исключаются, какъ совершенно неподходящія къ найденной изъ опыта и остаются т. о. только двѣ первыя. Изъ нихъ первая несомнѣнно отвѣчаетъ найденной для пачулена и кловена, а вторая всего ближе подходитъ къ полученной для кадинена и каріофилена. Т. о. мы должны принять, что въ пачуленѣ и кловенѣ нѣтъ ни одной этиленной связи между углеродными атомами, а находятся четыре замкнутыхъ группировки таковыхъ; въ кадиненѣ же и каріофиленѣ будетъ имѣться одна этиленная связь и три замкнутыхъ группировки. Вычисленные въ этомъ предположеніи величины молекулярной плотности приведены въ таблицѣ подъ (MD) и, какъ видно, близко совпадаютъ съ найденными изъ опытныхъ данныхъ; разница не доходитъ до 1%. Если же допустить, какъ это дѣлаетъ Валлахъ, въ кадиненѣ и каріофиленѣ присутствіе двухъ этиленныхъ связей, то получится (MD) $= 620.63$ и разница съ опытными величинами дойдетъ до 1.4%. Во всякомъ случаѣ оба эти углеводорода не могутъ считаться совершенно чистыми продуктами, для этого разница въ величинѣ x для нихъ найденнаго изъ опыта и вычисленнаго слишкомъ велика.

Кромѣ терпеновъ, къ ряду C_nH_{2n-4} относятся еще другіе углеводороды, между которыми изслѣдованы дигидробензолъ¹⁾ C_6H_8 и циклопентадиенъ²⁾ C_5H_6 . Первый разсмотрѣн нами уже выше и мы видѣли, что величина его молекулярной плотности, вычисленная по формулѣ $MD = 39.7 + (2n - 4)H - 3.87 - 2 \times 5.80 + 8.70$ въ точности отвѣчаетъ найденной изъ опытныхъ данныхъ и его строенію. Циклопентадиенъ C_5H_6 , полученный Кремеромъ и Спикеромъ,



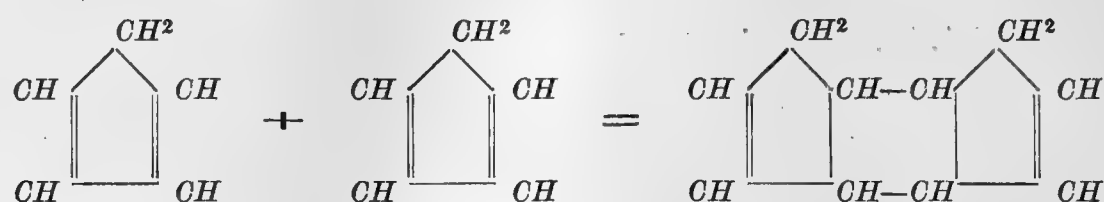
имѣетъ $MD = 199.71$. Вычисленная же величина (MD) $= 197.55$; разница $= 2.16$ отвѣчаетъ 1.08% и объясняется несомнѣнно большой трудностью полученія этого вещества въ совершенно чистомъ состояніи. Углеводородъ этотъ, какъ показали авторы, довольно легко полимеризуется и переходитъ въ $C_{10}H_{12}$ — дидиклопентадиенъ, относящійся къ ряду

1) Journ. chem. Soc. 73, 939.

|

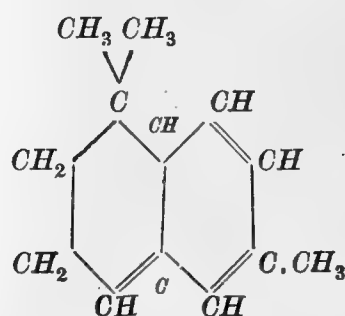
2) Ber. Ber. 29, 557.

C_nH_{2n-8} . Полимеризація здѣсь очевидно нормальная и происходитъ на счетъ одной двойной связи углеродныхъ атомовъ въ каждой частицѣ циклопентадіена, такъ что въ полимерѣ $C_{10}H_{12}$ таковыхъ будетъ находится всего двѣ и кромѣ того три замкнутыхъ группировки углеродныхъ атомовъ:



Сообразно этому молекулярная плотность для него должна быть $MD = 39.7n + (2n - 8)H - 3.87 - 2 \times 5.80 + 3 \times 8.70$. Вычисляя по ней, находимъ $(MD) = 419.23$, полученная же изъ опытныхъ данныхъ $MD = 422.29$; разница $= 3.06$, что отвѣчаетъ только 0.70%.

Слѣдующій рядъ углеводородовъ C_nH_{2n-6} извѣстенъ въ нѣсколькихъ изомерныхъ формахъ; относящіеся сюда гомологи бензола и дипропаргиль были уже нами рассмотрѣны подробно, что же касается до гексагидронафталина и его гомологовъ, то о нихъ будетъ рѣчь, когда станемъ разсматривать нафталинный рядъ, а потому теперь перейдемъ къ слѣдующему ряду C_nH_{2n-8} . Здѣсь мы во-первыхъ встрѣчаемъ только что рассмотрѣнный дициклопентадіенъ $C_{10}H_{12}$, а затѣмъ рядъ іонена и стирола. Іоненъ $C_{13}H_{18}$, полученный Тиманомъ¹⁾ изъ α и β -іонона, представляетъ, по автору, бициклическій углеводородъ, содержащій три двойныхъ связи и имѣющій т. о. строеніе



что вполне подтверждается изслѣдованіемъ его молекулярной плотности. Последняя изъ опытныхъ данныхъ оказывается $= 529.93$, вычисляя же ее по формулѣ состава, находимъ $(MD) = 39.7n + (2n - 8)H - 3.87 \pm x = 529.63 \pm x$, откуда $x = +0.30$. Изъ таблицы величинъ для x видимъ, что этотъ случай очевидно тотъ, когда $x = 0$, т. е. отвѣчаетъ нахожденію въ частицѣ двухъ замкнутыхъ группировокъ и трехъ этиленныхъ связей между углеродными атомами, другія ближайшія значенія x будутъ $+14.5$ и -14.5 , т. е. очевидно совершенно не отвѣчающими полученной для него изъ опытныхъ данныхъ величинѣ.

1) Ber. Ber. 31, 805.

Т. о. предположенное Тиманомъ строеніе іонена вполне подтверждается изслѣдованіемъ его молекулярной плотности, которая въ такомъ случаѣ будетъ $MD = 39.7n + (2n - 8)H - 3.87 - 3 \times 5.80 + 2 \times 8.70$, что даетъ $(MD) = 529.63$, величину, отличающуюся отъ найденной на опытѣ только на 0.05%.

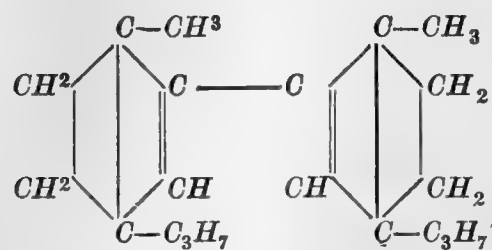
Переходя теперь къ производнымъ ряда стирола, мы встрѣчаемся съ очень любопытнымъ обстоятельствомъ, которое, однако, по недостатку матеріала, вполне выяснитъ не удастся. Изъ всего ряда относящихся сюда углеводородовъ изслѣдованы два: стироль (фенилэтиленъ) C_8H_8 и его гомологъ фенилбутиленъ $C_{10}H_{12}$. Какъ показываетъ уже само названіе, эти углеводороды производятся изъ этилена и его гомологовъ, замѣщеніемъ водорода на фенильную группу, такъ что строеніе ихъ этимъ самымъ опредѣляется очень просто, напр. стироль будетъ имѣть формулу $C_8H_8 : C_6H_5 - CH = CH_2$ и слѣдовательно содержать 4 этиленныхъ связи и одну замкнутую группировку углеродныхъ атомовъ, почему общая формула для молекулярной плотности какъ его, такъ и его гомологовъ, будетъ $MD = 39.7n + (2n - 8)H - 3.87 - 4 \times 5.80 + 8.70$; и дѣйствительно, для фенилбутилена мы получаемъ полное согласіе между вычисленной по этой формулѣ величиной и найденной изъ опытныхъ данныхъ:

		MD	(MD)	Diff.	въ %
Фенилбутиленъ	$C_{10}H_{12}$	391.00	390.23	-0.77	0.19

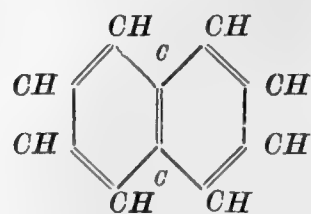
но для стирола подобнаго согласія не наблюдается. Для него вычисленная величина $(MD) = 306.96$, а опытная $MD = 298.98$; разница доходитъ до 2.67%, т. е. значительно превосходитъ всевозможныя ошибки опыта. Объяснить эту разницу неточностью опредѣленій невозможно, такъ какъ вещество это изслѣдовано двумя столь опытными наблюдателями, каковы Брюль и Назини, которые получили очень близкіе другъ другу результаты. Именно, по Брюлю для стирола $MD = 297.35$, а по Назини $= 298.98$, что отличается только на 0.5%. Очевидно, причина находится въ самомъ препаратѣ и вѣроятно же всего объясняется примѣсью къ нему какого-нибудь другого вещества, такъ какъ оба названные изслѣдователя имѣли дѣло съ естественнымъ продуктомъ. Интересно было бы въ этомъ отношеніи изслѣдовать синтетическій фенилэтиленъ.

По порядку намъ слѣдовало бы перейти теперь къ углеводородамъ C_nH_{2n-10} , изъ числа которыхъ изслѣдованы главнымъ образомъ относящіеся къ группѣ индена, но мы рассмотримъ сначала нафталиновые углеводороды, по причинѣ которая выяснится сама собой, а здѣсь укажемъ только на пинаконенъ Бекмана $C_{20}H_{30}$, который мы изучили уже выше и видѣли, что въ немъ находятся четыре замкнутыя группировки и двѣ этиленныя связи между углеродными атомами, что вполне отвѣчаетъ строенію этого вещества, данному авторомъ¹⁾:

1) Lieb. Ann. 292, 23.
Зап. Физ.-Мат. Отд.



Обращаемся теперь къ нафталинымъ углеводородамъ, относящимся къ ряду C_nH_{2n-12} . Общепринятая формула строения этихъ углеводородовъ показываетъ, что въ нихъ имѣется двѣ замкнутыхъ группировки углеродныхъ атомовъ и пять этиленныхъ связей:



Опытная величина молекулярной плотности нафталина, по даннымъ Назини, $MD = 368.82$, а для диметилнафталина $C_{12}H_{12} = 454.66$. Вычисляя ее по формулѣ состава $MD = 39.7n + (2n-12)H - 3.87 \pm x$, находимъ величину x въ среднемъ выводѣ $= 30.75$, что по таблицѣ значенія x -овъ отвѣчаетъ наиболѣе присутствію шести этиленныхъ связей и одной замкнутой группировки углеродныхъ атомовъ, что является весьма неправдоподобнымъ, такъ какъ присутствіе двухъ замкнутыхъ группировокъ въ нафталинѣ не подлежитъ сомнѣнію: извѣстныя реакціи окисленія дихлорнафтахинона $C_{10}H_4Cl_2O_2$ въ фталевую кислоту $C_6H_4(CO.OH)_2$ и тетрачлорнафталина въ тетрачлорфталевую $C_{10}Cl_4(COOH)_2$ и т. под. съ несомнѣнностью показываютъ въ нафталинѣ на присутствіе двухъ смежныхъ бензольныхъ ядеръ, т. е. двухъ замкнутыхъ группировокъ углеродныхъ атомовъ. Къ тому же результату, какъ увидимъ ниже, приводитъ изученіе молекулярной плотности гексагидронафталина и гексагидродиметилнафталина $C_{12}H_{18}$. Необходимость принятія въ нафталинѣ двухъ замкнутыхъ группировокъ неизбежно ведетъ за собой допущеніе въ немъ только пяти этиленныхъ связей, иного количества непредѣльность этого вещества (равная 7 этиленнымъ связямъ или 7 замкнутымъ группировкамъ) не допускаетъ. Приходится т. о. допустить, что въ нафталинѣ вліяніе этиленныхъ связей имѣетъ совершенно другую величину, чѣмъ во всѣхъ остальныхъ углеводородахъ — предположеніе весьма мало вѣроятное, по крайней мѣрѣ относительно двухъ изъ нихъ, такъ какъ таковыя, сохранившися въ гексагидронафталинахъ, имѣютъ нормальную величину вліянія $= 5.80$, то же самое должно предположить и о двухъ другихъ, имъ симметричныхъ. Остается т. о. одно: допустить, что 4 этиленныя связи въ нафталинѣ играютъ обычную роль, внося въ вычисленную величину молекулярной плотности вліяніе $= - 5.80$ каждая, а пятая этиленная связь оказываетъ вліяніе значительно большее. Для опредѣленія величины послѣдняго вычислимъ молекулярную плотность этихъ углеводородовъ по формулѣ $MD = 39.7n + (2n - 12)H - 3.87 +$

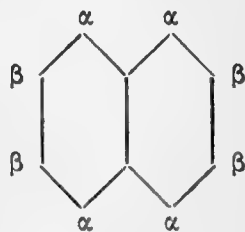
$2 \times 8.70 - 4 \times 5.80$, тогда для пятой этиленной связи получимъ при нафталинѣ величину $= -26.24$, а при диметилнафталинѣ -23.67 ; въ среднемъ выводѣ это составитъ -24.95 , что очевидно эквивалентно 26 атомамъ водорода ($= 25.14$), и тогда для углеводородовъ этого ряда получимъ общую формулу

$$MD = 39.n + (2n - 12)H - 3.87 - 4 \times 5.80 - 25.14 + 2 \times 8.70.$$

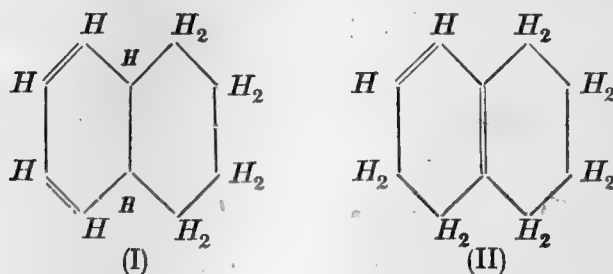
Вычисляя по ней, находимъ:

		<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
Нафталинъ	$C_{10}H_8$	368.82	369.93	+1.10	0.30
Диметилнафталинъ	$C_{12}H_{12}$	454.66	453.20	-1.46	0.32

т. е. полное согласіе. Такимъ образомъ мы должны допустить, что одна изъ пяти этиленныхъ связей, находящихся въ нафталинѣ, оказываетъ особое вліяніе на его молекулярную плотность. Для этого она несомнѣнно должна чѣмъ нибудь отличаться отъ другихъ, и дѣйствительно, формула строенія нафталина, данная Эрленмейеромъ, показываетъ, что центральная этиленная связь между углеродными атомами, соединяющая два бензольныхъ ядра, находится между такими углеродными атомами, которые вовсе не соединены съ водородомъ и относительно которыхъ остальные распределены неравномѣрно: 4 атома (α) съ ними связаны прямо, а 4 другихъ (β) не связаны



Вѣрность выведенной нами формулы для молекулярной плотности нафталиновыхъ углеводородовъ вполне подтверждается изслѣдованіемъ таковой у продуктовъ гидрогенизаціи этихъ углеводородовъ. Изъ нихъ въ оптическомъ отношеніи изслѣдованы тѣ, которые представляютъ продуктъ присоединенія 6 атомовъ водорода; это присоединеніе совершается очевидно на счетъ этиленныхъ связей, имѣющихся въ ихъ частицѣ, и отъ такового въ нихъ должны исчезнуть три этиленныхъ связи и останутся только двѣ, да кромѣ того будутъ находиться еще двѣ замкнутыхъ группировки углеродныхъ атомовъ. Тогда молекулярная плотность этихъ веществъ должна выразиться формулой (I) $MD = 39.7n + (2n - 6)H - 3.87 - 2 \times 5.80 + 2 \times 8.70$ или (II): $MD = 39.7n + (2n - 6)H - 3.87 - 5.80 - 25.14 + 2 \times 8.70$, смотря по тому подверглась гидрогенизаціи центральная двойная связь углеродныхъ атомовъ или нѣтъ, т. е. гексагидронафталинъ напр. будетъ имѣть строеніе (I) или (II)



Въ первомъ случаѣ получимъ $(MD) = 412.46$, а второмъ $= 393.12$. Опытныя величины, найденныя для гексагидронафталина и гексагидродиметилнафталина съ несомнѣнностью указываютъ на первое и тогда

		MD	(MD)	Diff.	въ %
Гексагидронафталинъ	$C_{10}H_{14}$	413.57	412.46	—1.11	0.26
Гексагидродиметилнафталинъ	$C_{12}H_{18}$	500.15	495.73	—4.42	0.88

т. е. гексагидронафталины по качеству своихъ этиленныхъ связей уже ничѣмъ не отличаются отъ другихъ углеводородовъ; находившаяся въ нафталинѣ центральная двойная связь, оказывавшая столь сильное вліяніе на величину ихъ молекулярной плотности, въ нихъ отсутствуетъ, исчезнувъ при гидрогенизаціи.

Изслѣдованіе молекулярной плотности бензола и нафталина приводитъ насъ къ рѣшительному выводу въ пользу строенія этихъ веществъ, данному Кекуле и Эрленмейеромъ и противъ такъ наз. діагональной формулы, такъ какъ въ этихъ веществахъ должны заключаться этиленныя связи между углеродными атомами. Мы видѣли выше, что между замкнутой группировкой углеродныхъ атомовъ и этиленной связью между таковыми имѣется глубокое различіе: первая вноситъ въ вычисленную величину молекулярной плотности положительный инкрементъ $= + 8.7$, а вторая отрицательный $= - 5.8$. Въ силу этого вещества, заключающія только замкнутыя группировки, должны давать при опытѣ всегда величину молекулярной плотности большую противу вычисленной изъ формулы ихъ состава, а заключающія этиленныя связи — меньшую.

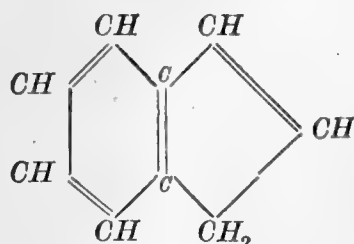
Для первыхъ опытная величина будетъ: $MD = (MD) + n \cdot 2.9^1)$

а для вторыхъ $MD = (MD) - n \cdot 2.9$

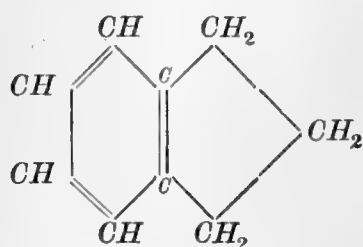
При бензолѣ и нафталинѣ мы имѣемъ одинаково второй случай, вполне отвѣчающій строенію этихъ веществъ, данному Кекуле и Эрленмейеромъ; если же бы была для нихъ допустима діагональная формула, то получилось бы полное несогласіе опытныхъ данныхъ съ вычисленными, совершенно ничѣмъ необъяснимое и стоящее въ совершенномъ противорѣчій со всѣмъ, что имѣется въ этомъ отношеніи для всѣхъ остальныхъ углеводородовъ.

1) 2.9 есть общій знаменатель величинъ 5.8 и 8.7.

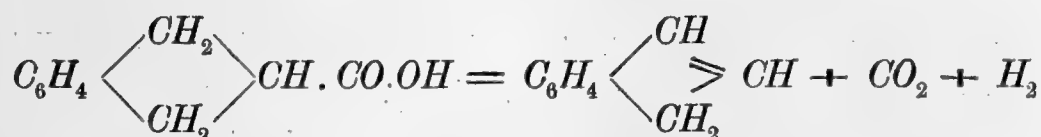
Обратимся теперь къ углеводородамъ C_nH_{2n-10} , между которыми находится группа индена, которую мы оставили въ сторонѣ, находя нужнымъ сначала изслѣдовать молекулярную плотность углеводородовъ нафталиннаго ряда, которые представляютъ строеніе аналогичное съ инденомъ. Для послѣдняго, какъ извѣстно, принимается формула:



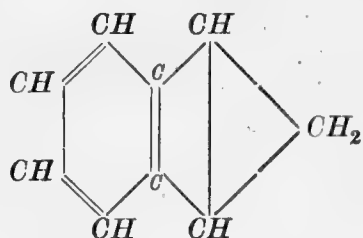
а для продукта его гидрогенизаціи, гидриндена C_9H_{10} :



Индень C_9H_8 можетъ быть полученъ какъ изъ естественныхъ продуктовъ (изъ порціи каменноугольнаго дегтя, кипящей при $176^\circ-182^\circ$) по Кремеру и Спикеру Ber. Ber. 17, 125), такъ и синтетически изъ гидринденкорбоновой кислоты (Mai. Ber. Ber. 22, 2133).



При возстановленіи Na и спиртомъ оба углеводорода даютъ одинъ и тотъ же гидринденъ C_9H_{10} , но сами они, какъ показалъ Перкинъ (Journ. Chem. Soc. 65, 230) значительно разнятся другъ отъ друга: индень изъ дегтя имѣетъ удѣльный вѣсъ $d_4^{20} = 1.0539$, а синтетическій 1.0059; магнитное вращеніе перваго $= 15.100$, а втораго 16.200. Это обстоятельство привело Перкина къ предположенію, что оба они отличаются и по своему строенію. Такъ одному изъ нихъ можно приписать формулу, приведенную выше, а другой будетъ

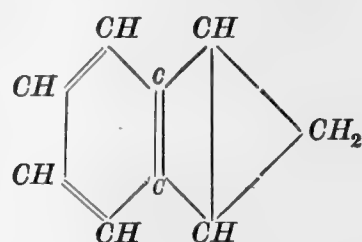


Изслѣдованіе молекулярной плотности этихъ соединеній даетъ совершенно опредѣленные указанія на строеніе этихъ веществъ, такъ какъ вышеприведенныя формулы даютъ большую разницу въ величинахъ молекулярной плотности.

Принимая первое строение, мы имѣемъ для индена C_9H_8 величину молекулярной плотности, выражающуюся формулой $MD = 39.7n + (2n-10)H - 3.87 - 3 \times 5.80 - 25.14 + 2 \times 8.70 = 336.00$, при второмъ же строеніи MD будетъ $= 39.7n + (2n-10)H - 3.87 - 2 \times 5.80 - 25.14 + 3 \times 8.70 = 350.52$. Въ обоихъ случаяхъ срединная этиленная связь имѣетъ нафталинный характеръ и $= -25.14$. Для индена, полученнаго Перкинымъ при сухой перегонкѣ баритовой соли гидринденкарбоновой кислоты съ сухимъ метилатомъ натрія:

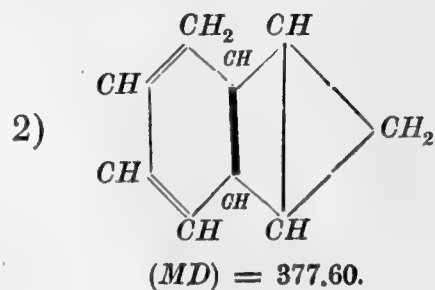
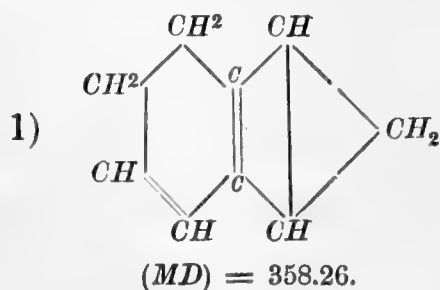


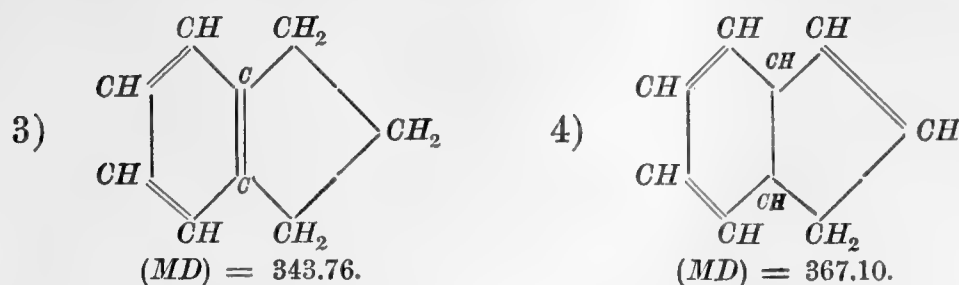
Найдено (Journ. Chem. Soc. 69, 1230) $n_D^{8.2} = 1.5798$ и $d^t = 0.997$, откуда имѣемъ $D = 3.0125$ и $MD = 349.45$, т. е. синтетическому индену принадлежитъ строение:



такъ какъ разница между вычисленной по этой формулѣ величиной (MD) и полученной изъ опытныхъ данныхъ MD равняется только $+1.07$, что отвѣчаетъ лишь 0.30% , тогда какъ принимая первое строение получимъ разницу $= -13.45$, отвѣчающую 3.84% . Къ тому же выводу приводитъ насъ и изученіе метилиндена $C_{10}H_{10}$, изслѣдованнаго Брюлемъ. Изъ его данныхъ находимъ $MD = 389.79$, вычисленная же по предыдущему величина молекулярной плотности (MD) $= 392.16$; разница $+2.37$ также доходитъ только до 0.60% . Полное подтвержденіе этихъ результатовъ мы получаемъ, рассматривая величины молекулярной плотности гидринденовъ C_9H_{10} . Какъ уже сказано выше, оба гидриндена: получающіеся изъ каменноугольнаго дегтя и синтетическій, представляютъ одно и то же вещество.

Смотря по тому какъ будетъ происходить присоединеніе водорода къ индену строеніе гидриндена будетъ различно и изъ двухъ приведенныхъ случаевъ строенія перваго мы можемъ вывести четыре изомерныхъ формы для послѣдняго.





Опытная величина молекулярной плотности гидринденовъ разнаго происхожденія изъ данныхъ Перкина

Гидринденъ изъ каменноуг. дегтя	361.73
» синтетическій	362.67
Среднее = 362.20.	

Сравненіе этой величины съ вычисленными по формуламъ строенія совершенно исключаетъ возможность 2 и 3 случая и остается выборъ только между 1 и 4 формулами, рѣшить который однако, по недостатку матеріала, нельзя. Наибольшее совпаденіе по цифровой величинѣ даетъ формула 4, гдѣ разность опытной и вычисленной величинъ доходитъ только до 0.25%; эта формула указываетъ на то, что гидрогенизація индена направляется на нафталинно-этиленную связь углеродныхъ атомовъ и сопровождается уничтоженіемъ замкнутой группировки въ группѣ углеродныхъ атомовъ, примыкающей къ бензольному ядру взаимѣнъ чего образуется въ ней обыкновенная этиленная связь. Предположеніе это очевидно трудно допустимо и гораздо болѣе вѣроятной является потому первая формула, находящаяся въ тѣсной связи съ вышеприведеннымъ строеніемъ индена и также дающая хорошее согласіе съ опытной величиной молекулярной плотности: вычисленная по ней $(MD) = 358.26$, отличается отъ опытной $MD = 362.20$ немного болѣе чѣмъ на 1% ($= 1.09$), что въ виду трудности полученія этихъ веществъ въ совершенно чистомъ состояніи легко допустимо. Рѣшающее значеніе для вопроса имѣло бы опредѣленіе молекулярной плотности дигидриндена, но такой углеводородъ еще не полученъ.

Намъ остается теперь сказать еще нѣсколько словъ объ углеводородахъ еще высшей непредѣльности. Изъ числа таковыхъ изслѣдованы дифенилметанъ $C_{13}H_{12}$, относящійся къ ряду C_nH_{2n-14} и трифенилметанъ $C_{19}H_{16}$ изъ ряда C_nH_{2n-22} . Они, какъ мы видѣли выше, даютъ совершенно нормальные результаты: величина молекулярной плотности ихъ, полученная изъ опытныхъ данныхъ, совершенно согласуется съ вычисленной. Для перваго $(MD) = 39.7n + (2n - 14)H - 3.87 - 6 \times 5.80 + 2 \times 8.70 = 506.43$, найденная же на опытѣ $MD = 505.02$; разница $= + 1.41$ отвѣчаетъ только 0.28%, а для втораго $(MD) = 739.81$, а опытная величина $MD = 738.73$; разница $= + 1.08$ даетъ лишь 0.14%.

Сводя въ одно всё полученное нами при изслѣдованіи молекулярной плотности углеводородовъ, находимъ, что послѣдняя выражается какъ сумма атомныхъ плотностей углерода

и водорода, составляющихъ частицу даннаго вещества, уменьшенная 1) на величину $= 27.3$, обусловливаемую соединеніемъ этихъ элементовъ другъ съ другомъ и взятую столько разъ, сколько находится атомовъ углерода въ частицѣ, и 2) на величину $= 3.87$, ($=$ эквивалентную плотности 4 атомовъ водорода) обусловливаемую присоединеніемъ группы CH_2 . Т. е.

$$\begin{aligned} MD &= n \cdot C + (2n \pm m) H - 27.3n - 3.87 \\ &= 39.7n + (2n \pm m) H - 3.87 \end{aligned}$$

но при этомъ 1) каждая замкнутая группировка углеродныхъ атомовъ производитъ увеличеніе вычисленной т. о. величины молекулярной плотности на $+8.7 =$ величинѣ плотности 9 атомовъ водорода; 2) образованіе каждой этиленной связи производитъ ее уменьшеніе на величину $= -5.8$ эквивалентную плотности 6 ат. водорода; 3) образованіе нафталинно-этиленной связи производитъ уменьшеніе на -25.14 , что отвѣчаетъ плотности 26 атомовъ водорода и 4) образованіе ацетиленной связи ведетъ къ уменьшенію на -3.87 , величину равную плотности 4 атомовъ водорода. Сообразно этому получимъ для молекулярной плотности всѣхъ углеводородовъ слѣдующую общую формулу:

$$MD = 39.7n + (2n \pm m) 0.967 - 3.87 + a \times 8.7 - b \times 5.8 - b' \times 25.14 - c \times 3.87$$

гдѣ n — число атомовъ углерода; $(2n \pm m)$ — водорода; a — число замкнутыхъ группировокъ; b — этиленныхъ связей; b' — нафталинноэтиленныхъ; c — ацетиленныхъ. Эта формула можетъ быть представлена въ нѣсколько иномъ видѣ, принимая во вниманіе замѣченную эквивалентность между вліяніемъ замкнутыхъ группировокъ и многократныхъ связей между углеродными атомами и плотностью водорода:

$$MD = 39.7n + (2n \pm m - 4) H + a \times 9 H - b \times 6 H - b' \times 26 H - c \times 4 H.$$

Счетъ по такой формулѣ значительно упрощается. Такъ напр. для нафталина $C_{10}H_8$ имѣемъ $n = 10$; $(2n \pm m) = 8$; $a = 2$; $b = 4$; $b' = 1$ и $c = 0$, и тогда $MD = 39.7n - 28 H = 397.0 - 27.07 = 369.93$; опытная величина $= 368.82$.

Разсмотрѣвъ молекулярную плотность углеводородовъ, перейдемъ теперь къ изслѣдованію этой величины у болѣе сложныхъ соединеній углерода и начнемъ съ алкоголей и ихъ эфировъ.

Глава вторая.

Кислородныя соединенія.

Нашъ обзоръ кислородныхъ соединеній мы начнемъ со спиртовъ. Всѣ спирты, какова бы ни была ихъ атомность, т. е. количество заключающихся въ нихъ водяныхъ остатковъ, могутъ быть разсматриваемы, какъ продукты замѣщенія въ данномъ углеводородѣ одного

или нѣсколькихъ атомовъ водорода на группу $(OH)'$ или какъ продукты соединенія даннаго углеводорода съ однимъ или нѣсколькими атомами кислорода. Въ томъ или другомъ случаѣ, все равно, величина ихъ молекулярной плотности должна главнымъ образомъ обуславливаться строеніемъ ихъ углеводороднаго скелета и лишь только измѣняться отъ вступленія въ ихъ частицу кислорода. Это измѣненіе, очевидно, будетъ имѣть для даннаго ряда спиртовъ одинаковую величину, т. е. молекулярная плотность этихъ веществъ должна выражаться формулой

$$(MD) = R + p \cdot O + Jn$$

гдѣ R — молекулярная плотность углеводородной части, p — число атомовъ кислорода, молекулярная плотность котораго $O = 126.44$ и Jn — инкрементъ, обуславливаемый вступленіемъ кислорода въ частицу углеводорода. Въ болѣе подробномъ видѣ эта формула можетъ быть написана такъ:

$$(MD) = n \cdot C + m \cdot H + p \cdot O - 27.3n - 3.87 \pm x \pm Jn.$$

гдѣ n , m и p число атомовъ углерода, водорода и кислорода, молекулярная плотность которыхъ: $C = 67.0$; $H = 0.967$; $O = 126.44$; величина 27.3, имѣющая знакъ —, представляетъ измѣненіе величины молекулярной плотности углерода, зависящее отъ вступленія его въ химическое соединеніе съ другими элементами; величина — 3.87 показываетъ измѣненіе, происходящее отъ соединенія перваго атома углерода съ другими таковыми же или атомомъ кислорода (см. гл. I); x = измѣненіе, зависящее отъ многократныхъ связей и замкнутыхъ группировокъ между углеродными атомами и Jn — вліяніе кислорода. Эта формула, какъ мы видѣли выше, можетъ быть представлена въ болѣе простомъ видѣ, именно

$$(MD) = 39.7n + mH + p \cdot O - 3.87 \pm x \pm Jn.$$

Разсматривая съ этой точки зрѣнія величины молекулярной плотности первыхъ членовъ ряда одноатомныхъ предѣльныхъ спиртовъ и примѣняя къ нимъ тотъ же методъ, которымъ мы пользовались для углеводородовъ, мы получимъ слѣдующія величины молекулярной плотности этихъ веществъ, считая таковую за сумму атомныхъ плотностей, образующихъ ихъ элементовъ:

Метильный спиртъ	$C = 67.0$	Этильный	$2C = 134.0$	Пропильный	$3C = 201.00$
	$4H = 3.87$		$6H = 5.8$		$8H = 7.74$
	$O = 126.44$		$O = 126.44$		$O = 126.44$
	<hr/>		<hr/>		<hr/>
	197.31		266.24		355.18

$$\begin{array}{r}
 \text{Бутильный } 4C = 268.0 \\
 10H = 9.67 \\
 0 = 126.44 \\
 \hline
 404.11
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \text{Гентильный } 7C = 469.0 \\
 16H = 15.47 \\
 0 = 126.44 \\
 \hline
 610.91
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \text{Амильный } 5C = 335.0 \\
 12H = 11.6 \\
 0 = 126.44 \\
 \hline
 473.04
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \text{Октябрьный } 8C = 536.0 \\
 18H = 17.4 \\
 0 = 126.44 \\
 \hline
 679.84
 \end{array}$$

Сопоставляя съ этими величинами найденныя для этихъ веществъ изъ опытныхъ данныхъ, находимъ, что послѣднія всегда меньше первыхъ:

			<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	
Метильный	спиртъ	CH_4O	125.03	197.31	72.28	
Этильный	»	C_2H_6O	164.30	266.24	101.94	29.67
Пропильный	»	C_3H_8O	205.74	335.17	129.43	27.49
Н. Бутильный	»	$C_4H_{10}O$	247.71	404.11	156.40	26.97
Амильный	»	$C_5H_{12}O$	289.55	473.04	183.49	27.09
Гептильный	»	$C_7H_{16}O$	373.14	610.91	237.77	27.14
Октябрьный	»	$C_8H_{18}O$	417.02	679.84	262.82	25.05
						<hr/> 27.23

Разница, очевидно, обусловливается тремя причинами: 1) измѣненіемъ молекулярной плотности углерода, происходящимъ отъ вступленія его въ химическое соединеніе вообще; при углеводородахъ величина этого измѣненія была найдена = — 27.3 и здѣсь она, какъ видно, имѣетъ ту же величину; 2) измѣненіемъ молекулярной плотности этого элемента отъ присоединенія къ первому его атому второго или атома другого элемента (въ данномъ случаѣ кислорода) для образованія цѣпи атомовъ, величина этого измѣненія, очевидно, должна быть та же самая, какъ при углеводородахъ, т. е. = — 3.87 и 3) третья причина должна обусловливаться вступленіемъ кислорода, величину этой послѣдней мы можемъ опредѣлить, вычитая изъ молекулярной плотности спиртовъ величины, обусловливаемыя первыми двумя. Т. о. находимъ:

$$\begin{array}{r}
 \text{Метильный спиртъ } (MD) = 197.31 \\
 27.30 \\
 \hline
 170.01
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \text{Амильный } 473.04 \\
 136.50 = 527.3 \\
 \hline
 336.54 - 3.87 = 332.67
 \end{array}$$

Этильный = 266.24	Гептильный = 610.91
54.60 = 227.3	191.10 = 727.3
<hr/> 211.64 — 3.87 = 207.77	<hr/> 419.80 — 3.87 = 415.93
Пропильный = 335.17	Октильный = 679.84
81.17 = 327.3	218.40 = 827.3
<hr/> 253.27 — 3.87 = 249.40	<hr/> 461.44 — 3.87 = 457.57
Бутильный = 404.11	
109.20 = 427.3	
<hr/> 294.91 — 3.87 = 291.04.	

Вычитая изъ найденныхъ т. о. разностей опытныхъ величины молекулярной плотности этихъ соединеній, найдемъ и искомое вліяніе присоединенія кислорода, оно будетъ слѣдовательно таково:

Метильный спиртъ	170.01 — 125.03 = 44.98
Этильный	207.47 — 164.30 = 43.17
Н. пропильный	249.40 — 205.74 = 43.66
Изопропильный	249.40 — 205.41 = 43.99
Н. бутильный	291.04 — 247.71 = 43.33
Изобутильный	291.04 — 247.36 = 43.72
Триметилкарбиноль	291.04 — 247.34 = 43.70
Амильный	332.67 — 289.55 = 43.12
Гептильный	415.93 — 373.14 = 42.79
Октильный	457.57 — 417.02 = 40.55

Среднее будетъ въ круглыхъ числахъ = 43.4, т. о. вліяніе на величину молекулярной плотности вступившаго въ частицу углеводорода одного атома кислорода или, что все равно, молекулярная плотность кислорода, вошедшаго въ соединеніе съ другими элементами, выразится разностью между величиной его атомной плотности и 43.4, т. е. будетъ = 83.04 и общая формула для молекулярной плотности одноатомныхъ спиртовъ получить видъ

$$(MD) = 39.7n + mH + p.O - 3.87 - 43.4 \pm x.$$

Вычисленные по ней величины молекулярной плотности совершенно совпадаютъ съ найденными изъ опытныхъ данныхъ, какъ это видно изъ приведенной таблицы, гдѣ *MD* обозначаетъ опытную величину, а *(MD)* — вычисленную:

		MD	$(MD)_1$	Diff.	въ %
Этильный спиртъ	C_2H_6O	164.30	164.37	+0.07	0.04
Аллильный	C_3H_6O	198.44	198.27	—0.17	0.08
Диаллилкарбинолъ	$C_7H_{12}O$	357.28	357.07	—0.21	0.06
Метилгептенолъ	$C_8H_{16}O$	406.60	406.44	—0.24	0.06
Фенолъ	C_6H_6O	315.61	314.47	—1.14	0.34
Метилфенилциклогексанолъ	$C_{13}H_{16}O$	614.03	610.74	—3.29	0.53
Цетильный	$C_{16}H_{34}O$	750.41	747.23	—3.18	0.42 и т. д.

Если мы теперь обратимся къ спиртамъ высшей атомности, то оказывается, что наша формула въ такомъ видѣ, какъ она приведена выше, не примѣнима. Изъ числа спиртовъ высшей атомности изслѣдованы въ однородномъ состояніи этиленгликоль $C_2H_4O_2$ и глицеринъ $C_3H_8O_3$ и кромѣ того опредѣлены много изъ данныхъ для растворовъ¹⁾ величины молекулярной плотности эритрита $C_4H_{10}O_4$ и кверцита $C_6H_{12}O_5$. Для этихъ веществъ получено изъ опытныхъ данныхъ:

	MD
Этиленгликоль	$C_2H_4O_2 = 267.12$
Глицеринъ	$C_3H_8O_3 = 413.03$
Эритритъ	$C_4H_{10}O_4 = 556.91$
Кверцитъ	$C_6H_{12}O_5 = 758.76$

Вычисляя по предыдущему для этихъ веществъ величину инкремента, обусловливаемую вступленіемъ кислорода въ частицу, мы находимъ, что таковая измѣняется въ зависимости отъ количества кислорода, присоединившагося къ углероду. Такъ, она будетъ для:

Спиртовъ одноатомныхъ	= 43.40	
		23.70
» двуатомныхъ	= 67.10	
		22.25
» трехатомныхъ	= 89.35	
		24.10
» четырехатомныхъ	= 113.45	
		16.85
» пятиатомныхъ	= 130.20	
		Среднее = 21.7

1) Вопросъ о молекулярной плотности растворовъ и растворенныхъ веществъ представляетъ большой интересъ и здѣсь нами можетъ быть только затронутъ. Несомнѣнно въ данномъ случаѣ мы имѣемъ дѣло съ очень сложными отношеніями: величина молекулярной плотности оказывается стоящей въ зависимости отъ концентраціи раствора и природы растворителя; оче-

видно впрочемъ одно, что она совершенно точно вычисляется изъ данныхъ для раствора по формулѣ $100D = xD_1 + (100 - x)D_2$, гдѣ D молекулярная плотность раствора, D_1 и D_2 раствореннаго вещества и растворителя, а x —процентное содержаніе раствореннаго вещества въ растворѣ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ вычисленная по этой формулѣ величина совершенно

т. е. она выражается формулой $(p + 1) 21.7$, гдѣ p число атомовъ кислорода, и тогда для всѣхъ спиртовъ, какова бы ни была ихъ атомность, мы получимъ одно общее выраженіе для молекулярной плотности:

$$(MD) = 39.7n + mH + p.O - (p + 1) 21.7 - 3.87 \pm x$$

гдѣ x —инкрементъ, обусловливаемый присутствіемъ замкнутыхъ группировокъ и многократныхъ связей между углеродными атомами. Вычисляя по этой формулѣ величины молекулярной плотности, находимъ полное согласіе съ опытными данными. Такъ имѣемъ:

		MD	$(MD)_1$	Diff.	въ %
Этильный спиртъ	C_2H_6O	164.30	164.37	+0.07	0.04
Этиленгликоль	C_2H_4O	267.12	269.11	+1.19	0.74
Глицеринъ	$C_3H_8O_3$	413.03	415.48	+2.45	0.60
Эритритъ	$C_4H_{10}O_4$	556.91	561.86	+4.95	0.88
Кверцитъ	$C_6H_{12}O_5$	758.76	756.63	-2.15	0.28.

Въ прилагаемой таблицѣ II приведены опытные данныя, относящіяся къ 72 веществамъ, изъ класса спиртовъ и вездѣ мы видимъ достаточное совпаденіе опытныхъ и вычисленныхъ величинъ молекулярной плотности, разница меньше 1%, за исключеніемъ нѣкоторыхъ случаевъ, когда она является больше этой величины и тогда обыкновенно имѣетъ знакъ $+$, т. е. опытная величина оказывается больше вычисленной; такіе случаи, какъ увидимъ дальше, обусловливаются полимернымъ состояніемъ вещества и будутъ подробно рассмотрѣны нами въ гл. IV; тѣ же, гдѣ вычисленная величина оказывается больше чѣмъ опытная, объясняются аллотропизаціей находящагося въ нихъ кислорода, переходомъ его изъ двуатомнаго въ четырехатомное состояніе, и будутъ изучены ближе въ слѣдующей главѣ, теперь же мы обратимся къ ближайшимъ производнымъ спиртовъ — ихъ эфирамъ. Здѣсь мы встрѣчаемся съ очень любопытнымъ обстоятельствомъ: по своей, формулѣ эти вещества являются изомерными со спиртами, но по ихъ строенію значительно отличаются отъ таковыхъ; въ то время какъ въ спиртахъ находится непрерывная цѣпь углеродныхъ атомовъ, въ эфирахъ — таковая разрывается на двѣ связанныхъ другъ съ другомъ гдѣ атомомъ кислорода. Въ первыхъ мы имѣемъ $R.O.H$, во вторыхъ $R.O.R'$, R и R' тѣ или другіе углеводородные радикалы. Это обстоятельство сказывается очень

совпадаетъ съ вычисленной изъ формулы строенія даннаго раствореннаго вещества, какъ напр. при эритритѣ и кверцитѣ, въ другихъ же оказывается то больше, то меньше или представляетъ измѣняющуюся величину, стремящуюся къ нѣкоторому предѣлу. Въ этихъ случаяхъ, какъ это будетъ видно изъ данныхъ, приводимыхъ въ гл. III и IV, мы имѣемъ дѣло съ из-

мѣненіемъ строенія даннаго тѣла, зависящаго отъ деполимеризаціи или аллотропизаціи въ немъ кислорода. Опытныя данныя, относящіяся сюда, помѣщены въ моей статьѣ въ Journ. für pract. Chemie; нѣкоторыя новыя опредѣленія произведены, по моей просьбѣ, А. Н. Щербаковымъ, которому и приношу мою искреннюю благодарность за нихъ.

опредѣленно на величинѣ ихъ молекулярной плотности. По ихъ изомеріи со спиртами надо было бы предположить, что таковая будетъ выражаться одной и той же формулой, т. е. $(MD) = 39.7n + mH + p.O - (p + 1) 21.7 - 3.87 \pm x$, но благодаря тому, что въ эфирахъ мы имѣемъ наличность двухъ или болѣе отдѣльныхъ самостоятельныхъ углеводородныхъ цѣпей, величина $- 3.87$, зависящая отъ усложненія цѣпи, очевидно должна быть вдвое или нѣсколько разъ больше, т. е. молекулярная плотность эфировъ будетъ выражаться формулой

$$(MD) = 39.7n + mH + p.O - (p + 1) 21.7 - 2p. 3.87 \pm x$$

гдѣ p число атомовъ кислорода. Сопоставляя вычисленные по этой формулѣ величины съ найденными изъ опытныхъ данныхъ, мы находимъ полное согласіе. Такъ имѣемъ:

		MD	$(MD)_1$	Diff.	въ %
Этильный эфиръ	$C_4H_{10}O$	244.43	243.77	—0.66	0.27
Аллилэтильный	$C_5H_{10}O$	278.63	277.67	—0.96	0.36
Анизоль	C_7H_8O	353.76	352.24	—1.52	0.43
Фенильный	$C_{12}H_{10}O$	545.73	543.97	—1.76	0.32
α -нафтилэтильный	$C_{12}H_{12}O$	531.06	532.36	+1.30	0.24
β -нафтилэтильный	$C_{12}H_{12}O$	529.74	—	+2.62	0.49
Ацеталь	$C_6H_{14}O_2$	421.62	424.03	+2.41	0.56
Ортомуравейный	$C_7H_{16}O_3$	557.38	562.63	+5.25	0.93
Ортоугольный	$C_9H_{20}O_4$	738.97	742.94	+3.97	0.53.

Разница, какъ видно, и здѣсь, какъ и при спиртахъ не доходитъ до 1%. Другіе примѣры, показывающіе точность выведенной нами формулы, находятся въ табл. III, въ которой мы однако находимъ цѣлый рядъ веществъ эфирнаго характера, молекулярная плотность которыхъ рѣзко разнится съ вычисленной изъ ихъ формулы. Эти случаи представляютъ большой интересъ и мы рассмотримъ ихъ подробнѣе дальше, въ главахъ III и IV, они такъ же, какъ при спиртахъ объясняются или полимеризаціей частицы или аллотропизаціей кислорода, а теперь обратимся къ выводу формулъ другихъ классовъ кислородныхъ соединений и сначала рассмотримъ вещества, имѣющія характеръ кетоновъ и альдегидовъ. Какъ извѣстно, въ таковыхъ принимается существованіе группы $C=O$, которая въ альдегидахъ соединена съ атомомъ водорода и углеводороднымъ радикаломъ, а въ кетонахъ съ двумя послѣдними, въ силу чего эти соединенія значительно отличаются отъ спиртовъ, въ которыхъ кислородный атомъ связанъ каждый только одной единицей сродства съ углероднымъ. Это обстоятельство сильно отражается на молекулярной плотности этихъ веществъ. Разсматривая эту послѣднюю, какъ сумму атомныхъ плотностей и принимая во вниманіе вліяніе, производимое образованіемъ цѣпи, которое равняется, какъ мы видѣли, $- 3.87$, а также вліяніе кислорода, выражаемое формулой $p.O - (p + 1) 21.7$, мы находимъ, что вычисленная т. о. величина молекулярной плотности альдегидовъ и кетоновъ оказывается

всегда меньше найденной изъ опытныхъ данныхъ и притомъ на одну и ту же величину для всѣхъ веществъ, относящихся къ этому классу соединенія. Такъ, мы имѣемъ:

$$\begin{array}{r} \text{Уксусный альдегидъ } 2C + 4H + O = 264.30 \\ \quad \quad \quad - 54.60 = 27,3.2 \\ \quad \quad \quad - 3.87 \\ \quad \quad \quad - 43.40 = pO - (p+1)21.7 \\ \hline 162.43 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{Опытная величина } MD = 167.47 \\ \hline - 5.04 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{Пропіоновый альдегидъ } \left\{ \begin{array}{l} 3C + 6H + O = 333.24 \\ - 81.90 = 27,3.3 \\ - 3.87 \\ - 43.40 \end{array} \right. \\ \text{Ацетонъ} \quad \quad \quad \left\{ \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right. \\ \hline 204.07 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{Опытная величина для пропіоноваго альдегида} = 210.03 \\ \hline - 5.86 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{Опытная величина для ацетона} = 209.27 \\ \hline - 5.20 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{Н. масляный альдегидъ } \left\{ \begin{array}{l} 4C + 8H + O = 402.17 \\ - 109.20 = 27,3.4 \\ - 3.87 \\ - 43.40 \end{array} \right. \\ \text{Изомасляный} \quad \quad \quad \left\{ \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right. \\ \text{Метилэтилкетонъ} \quad \quad \left\{ \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right. \\ \hline - 246.70 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{Опытная величина для нор. масл. альд.} = 251.39 \\ \hline - 4.69 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{Опытная величина для изомаслянаго} = 250.84 \\ \hline - 4.14 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{Опытная величина для метилэтилкетона} = 250.80 \\ \hline - 4.10 \end{array}$$

Въ среднемъ выводѣ этотъ избытокъ т. о. $= 4.84$, онъ очевидно обусловливается двойной связью между углеродными и кислородными атомами, характеризующей классъ альдегидовъ и кетоновъ. Т. о. молекулярная плотность этихъ соединеній выразится формулой:

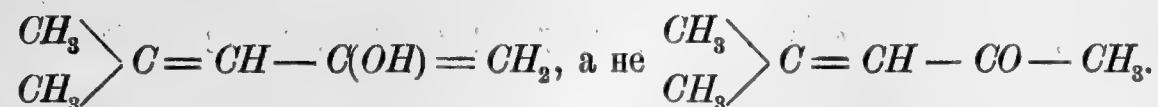
$$(MD) = 39.7n + mH + pO - (p + 1) 21.7 - 3.87 + p. 4.84 \pm x.$$

Сравнивая вычисленные по ней величины съ полученными изъ опытныхъ данныхъ, находимъ полное согласіе, такъ имѣемъ:

		MD	$(MD)_1$	Diff.	въ %
Уксусный альдегидъ	C_2H_4O	167.47	167.27	—0.20	0.12
Ацетонъ	C_3H_6O	209.27	208.90	—0.37	0.18
Н. масляный альдегидъ	C_4H_8O	250.84	250.53	—0.31	0.12
Изомасляный	—	250.80	—	—0.27	0.10
Дипропилкетонъ	$C_7H_{14}O$	377.30	375.43	—1.93	0.51
Метилгептиленкетонъ	$C_9H_{16}O$	453.13	450.97	—2.16	0.47
Цитронеллаль	$C_{10}H_{18}O$	491.04	492.60	+1.56	0.31 и т. д.

Разница между вычисленными и опытными величинами, какъ видно, нигдѣ не доходить до 1%. Разсматривая приведенныя въ таблицѣ IV величины молекулярной плотности относящихся къ этому классу веществъ, мы видимъ однако, что для многихъ случаевъ получаются разницы гораздо большія, выходящія за предѣлы возможныхъ неточностей, т. е. превышающія 1%. Эти разницы двоякаго характера: въ однихъ случаяхъ вещество имѣетъ большую величину молекулярной плотности, чѣмъ та, которая вычисляется для него изъ формулы строенія; это будутъ тѣла, имѣющія полимеризованную частицу, они будутъ разсмотрѣны особо въ главѣ IV. Въ другихъ же случаяхъ замѣчается обратное: опытная величина молекулярной плотности меньше вычисленной, при чемъ для однихъ веществъ эта разница не особенно велика, для другихъ же весьма значительна и доходитъ до нѣсколькихъ процентовъ. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ, который мы подробно разсмотримъ въ слѣдующей главѣ, мы имѣемъ дѣло, какъ оказывается, съ измѣненіемъ атомности кислорода, первая же категорія подобныхъ случаевъ находитъ себѣ полное объясненіе въ томъ, что принадлежащія къ ней вещества представляютъ изъ себя въ свободномъ состояніи энольную форму. Энолы, какъ извѣстно, отличаются отъ кетоновъ тѣмъ, что содержатъ кислородъ въ видѣ водяного остатка, двойная же связь между углероднымъ и кислороднымъ атомами, находящаяся въ кетонахъ, переходитъ въ нихъ въ двойную связь между углеродными атомами. Это обстоятельство сказывается весьма опредѣленно на величинѣ молекулярной плотности такихъ соединений: для эноловъ она всегда меньше, чѣмъ для изомерныхъ имъ кетоновъ и притомъ на одну и ту же величину, которая можетъ быть опредѣлена заранѣе. Въ самомъ дѣлѣ отличіе между кетонами и энолами состоитъ въ томъ, что въ первыхъ содержится двойная связь между углероднымъ и кислороднымъ атомами, т. е. группа $C=O$, которая, какъ мы видѣли выше, вноситъ въ величину молекулярной плотности увеличеніе $= +4.84$, въ энолахъ же имѣется двойная связь между углеродными атомами, т. е. группа $C=C$, которая производитъ уменьшеніе на -5.80 , т. е. окончательный эффектъ превращенія кетона въ энолъ скажется тѣмъ, что въ первомъ исчезнетъ вліяніе, дающее $+4.84$, а во второмъ образуется вліяніе, производящее -5.80 , т. е. въ концѣ

концовъ энолъ будетъ имѣть величину молекулярной плотности на 10.64 меньше, чѣмъ соотвѣтствующій ему кетонъ. Такъ, разсматривая величину молекулярной плотности окиси мезитила $C_6H_{10}O$, мы видимъ, что изъ опытныхъ данныхъ она оказывается $MD = 316.49$, вычисляя же по приведенной выше формулѣ для кетоновъ, находимъ $(MD)_1 = 326.07$, т. е. на 10.42 больше опытной, разница, какъ видно, совершенно отвѣчаетъ вычисленной нами для энольной формы и мы т. о. должны признать, что окись мезитила имѣетъ строеніе



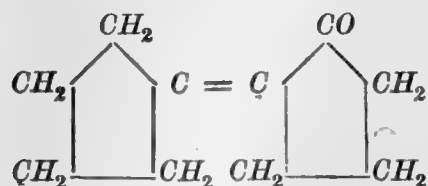
Такая энольная формула требуетъ $(MD)_2 = 316.43$, т. е. даетъ разницу съ опытной величиной $= 0.06$, т. е. 0.01% . Подобный же процессъ энोलизаціи кетоннаго кислорода мы видимъ и во многихъ другихъ случаяхъ. Такъ гидрацетилацетонъ $C_5H_{10}O_2 = CH_3 - CH(OH) - CH_2 - CO - CH_3$ оказывается тѣломъ также эноллизированнымъ; для него $MD = 388.72$ и величина молекулярной плотности, вычисленная изъ приведенной формулы $(MD)_1 = 396.92$, принимая же, что это вещество эноллизировано, т. е. имѣетъ строеніе $CH_3 - CH(OH) - CH_2 - C(OH) = CH_2$, находимъ $(MD)_2 = 386.28$, что даетъ разницу съ опытной величиной $= 2.44$, т. е. 0.66% . Точно такъ же изобутирилметилэтилкетонъ $C_8H_{14}O_2$ представляетъ въ свободномъ состояніи моноэнольную форму кетона, т. е. въ немъ эноллизированъ только одинъ атомъ кислорода; для этого вещества $MD = 514.60$ и $(MD) = 524.74$, считая же его за моноэнолъ, находимъ $(MD)_1 = 514.07$, т. е. разницу съ опытной величиной $= 0.53 = 0.10\%$. Во многихъ случаяхъ однако мы имѣемъ дѣло не съ полной эноллизацией, а лишь съ частичной: эноллизуется только половина частицъ даннаго вещества, другая же сохраняетъ свой кетонный характеръ. Такъ, напр., подобное явленіе мы имѣемъ для ряда замѣщенныхъ циклогексеноновъ:

		MD	(MD)	$(MD)_1$	Diff.	въ %
Метилциклогексенонъ	$C_7H_{10}O$	$= 368.76$	374.47	369.15	+0.39	0.10
Диметилциклогексенонъ	$C_8H_{12}O$	$= 409.05$	416.10	410.78	+1.73	0.42
Триметилциклогексенонъ	$C_9H_{14}O$	$= 450.99$	457.73	452.91	+1.92	0.42
Метилизопропилциклогексенонъ	$C_{10}H_{16}O$	$= 494.51$	499.37	494.05	-0.46	0.09
Метилизобутилциклогексенонъ	$C_{11}H_{18}O$	$= 536.81$	541.00	535.68	-1.13	0.21
Метилгексилциклогексенонъ	$C_{13}H_{22}O$	$= 621.69$	624.27	618.95	-2.35	0.37.

Величины $(MD)_1$ здѣсь представляютъ среднее изъ молекулярной плотности нормальной и эноллизированной частицы. То же самое замѣчается и при относящихся къ дикетонамъ: діацетилъ и ацетилпропіонилъ, также представляющимъ смѣсь нормальныхъ и эноллизированныхъ частицъ, для нихъ имѣемъ:

Діацетилъ	$C_4H_6O_2$	$= 352.52$	358.18	352.86	+0.32	0.09
Ацетилпропіонилъ	$C_5H_8O_2$	$= 393.39$	399.82	394.50	-1.11	0.29

равно какъ и для бициклопентенпентанона Валлаха



и ацетофенона $C_6H_5CO.CH_3$, для которыхъ

Бициклопентенпентанонъ $C_{10}H_{14}O$	$= 501.31$	506.13	500.81	-0.50	0.10
АцетиФенонъ C_8H_8O	$= 396.57$	400.64	395.32	-1.25	0.32

Въ общемъ можно сказать слѣдующее: всѣ предѣльные альдегиды и кетоны имѣютъ строеніе нормальное такъ же, какъ и тѣ изъ непредѣльныхъ, которые заключаютъ замкнутую группировку углеродныхъ атомовъ; появленіе двойной связи между послѣдними благоприятствуетъ энолизациі; при альдегидахъ это еще незамѣтно: цитронеллолы и циклическій тропиленъ съ двойной связью углеродныхъ атомовъ имѣютъ также нормальное строеніе, но въ непредѣльныхъ кетонахъ это явленіе выступаетъ совершенно опредѣленно, кетоны вообще легче энолизируются; изъ алифатическихъ кетоновъ уже окись мезитила съ C_6 и гидроцетилацетонъ, какъ мы видѣли, представляютъ энольную форму, а всѣ циклическіе кетоны съ двойной связью углеродныхъ атомовъ суть смѣси нормальныхъ частицъ съ энолизированными. Въ общемъ установленіе замкнутой группировки препятствуетъ или задерживаетъ энолизацию, такъ ацетофенонъ и α -іононъ (о которомъ рѣчь будетъ дальше, въ главѣ IV), несмотря на свою большую непредѣльность, представляетъ не полные энолы, а также только смѣси нормальныхъ и энолизированныхъ частицъ.

Т. о. одной изъ причинъ, вызывающихъ энолизацию и благоприятствующихъ послѣдней, является большая или меньшая непредѣльность вещества, зависящая отъ нахожденія въ немъ двойныхъ связей между многоатомными элементами, но кромѣ непредѣльности на образованіе эноловъ видимо оказываютъ вліяніе еще и температура, при которой находится данное вещество, и нахожденіе его въ растворѣ въ извѣстныхъ растворителяхъ. Къ сожалѣнію подробныхъ изслѣдованій въ этомъ направленіи не имѣется и мы должны ограничиться только одними указаніями. Такъ метилгексилкетонъ $C_8H_{16}O$ имѣющій при 16° 3 величину $MD = 417.19$, при 81° 2 имѣетъ ее только $= 415.55$, т. е. приближающейся къ той, которую должны имѣть смѣсь нормальной частицы съ энолизированной, т. е. 411.87, такое же явленіе наблюдается при ацетилацетонѣ, метилацетилацетонѣ и метилформилкамфорѣ при разсмотрѣніи каковыхъ мы еще обратимся къ этому вопросу, а теперь укажемъ еще на то вліяніе, которое оказываетъ раствореніе вещества на его энолизацию, хорошую иллюстрацію чего даютъ изслѣдованія Сапожникова¹⁾ надъ растворами ацетона въ водѣ. Изслѣдуемый ацетонъ имѣлъ $MD = 209.53$, изъ раствора же его въ 97.27% вычисляемъ изъ данныхъ Сапожникова $MD = 208.72$, а изъ раствора, содержащаго 76.3% уже только 198.91, для энольной же формы ацетона: $CH_3 - C(OH) = CH_2$ моле-

1) Жур. Р. Ф.-Х. Общ., 28, 223.

кулярная плотность будетъ $(MD)_1 = 198.37$, т. е. при разведеніи растворовъ до 76% произошла полная энолизациа этого вещества, изъ болѣе крѣпкихъ растворовъ получаютъ величины промежуточныя, а при уменьшеніи концентраціи происходитъ еще больше уменьшеніе величины молекулярной плотности ацетона, обусловливаемое переходомъ содержащагося въ послѣднемъ кислорода изъ двухатомнаго въ четырехатомное состояніе, о чемъ будетъ рѣчь въ слѣдующей главѣ, а теперь мы перейдемъ къ разсмотрѣнію тѣхъ кислородныхъ производныхъ углеводовъ, которыя извѣстны подъ именемъ кислотъ. Относящіеся сюда вещества представляютъ по своему строенію большое сходство съ кетонами и альдегидами и могутъ быть разсматриваемы какъ оксиальдегиды, т. е. альдегиды, содержащіе водяной остатокъ вмѣсто атома водорода въ группѣ $C \leq \begin{smallmatrix} O \\ H \end{smallmatrix}$, на этомъ основаніи и общая формула молекулярной плотности этихъ веществъ должна быть одинаковой съ той, которая получена нами для альдегидовъ и кетоновъ, т. е. будетъ имѣть видъ $(MD) = 39.7n + mH + pO - (p + 1) 21.7 - 3.87 + 4.84.p' \pm x$, гдѣ p' — число карбонильныхъ атомовъ кислорода, т. е. соединенныхъ съ углеродомъ двойной связью; при энольной формѣ величины молекулярной плотности кислотъ будутъ на $10.64 p'$ меньше.

Разсматривая величины молекулярной плотности 53 изслѣдованныхъ представителей этого класса, мы видимъ, что эта формула вполне оправдывается, при чемъ оказывается, что въ значительномъ большинствѣ случаевъ эти соединенія являются въ свободномъ состояніи въ энольной формѣ. Такъ, изъ числа предѣльныхъ кислотъ ряда $C_n H_{2n} O_2$, кромѣ первыхъ двухъ членовъ: кислотъ муравейной и уксусной, являющихся полимерами, о чемъ будетъ говорено въ главѣ IV, мы видимъ, что только пропионовая кислота $C_3 H_6 O_2$ имѣетъ нормальное строеніе: для нея $MD = 312.15$, а вычисленная по приведенной формулѣ величина молекулярной плотности $(MD)_1 = 313.64$, разница $= +1.49 = 0.47\%$, всѣ же остальные, вплоть до церотиновой кислоты $C_{27} H_{54} O_2$ являются энолами, т. е. имѣютъ строеніе $C_n H_{2n-2} < \begin{smallmatrix} OH \\ OH \end{smallmatrix}$ иначе говоря, представляютъ гликолы съ двумя водяными остатками при одномъ углеродномъ атомѣ; вычисленные въ такомъ предположеніи для нихъ величины молекулярной плотности совершенно согласуются съ найденными изъ опытныхъ данныхъ, разница нигдѣ не доходитъ до 1%. Такъ имѣемъ:

		MD	(MD)	$(MD)_1$	Diff.	въ %
Изовалеріановая кислота	$C_5 H_{10} O_2$	387.49	396.91	386.27	—1.22	0.31
Капроновая	» $C_6 H_{12} O_2$	428.96	438.54	427.90	—1.06	0.24
Энантовая	» $C_7 H_{14} O_2$	469.11	480.17	469.53	+0.42	0.09
Амилуксусная	» $C_7 H_{14} O_2$	465.94	—	—	+3.59	0.78
Гептиловая	» $C_7 H_{14} O_2$	466.55	—	—	+2.98	0.63
Нониловая	» $C_9 H_{18} O_2$	550.70	563.44	552.80	+2.10	0.38
Дециловая	» $C_{10} H_{20} O_2$	593.80	605.08	594.44	+0.64	0.10
Діамилуксусная	» $C_{12} H_{24} O_2$	677.74	688.34	677.70	—0.04	0.00
Церотиновая	» $C_{27} H_{54} O_2$	1303.00	1312.84	1302.20	—0.80	0.06.

Пропіоновая кислота, при обыкновенной температурѣ, какъ сказано, имѣетъ нормальное строеніе; MD для нея при $14^\circ = 312.15$, при $(MD)_1 = 313.64$, но при болѣе высокой температурѣ и она превращается въ энолъ, такъ при $78^\circ.8$ величина ея молекулярной плотности $MD = 301.93$, для энла же ея вычисляется $(MD)_2 = 303.00$, т. е. величина совершенно отвѣчающая опытной, разница $= +1.07 = 0.35\%$. Слѣдующая за пропіоновой нормальная масляная кислота и ея изомеръ изомасляная представляютъ переходъ къ настоящимъ эналамъ: при обыкновенной температурѣ они являются смѣсью нормальной формы съ энальной, какъ это видно изъ величины ихъ молекулярной плотности:

	t°	MD	(MD)	$(MD)_1$	Diff.	въ %
Нормальн. масляная кислота $C_4H_8O_2$	$19^\circ 1$	348.32	355.28	349.96	+1.64	0.47
Изомасляная	$19^\circ 8$	349.30	—	—	+0.66	0.18.

Величины $(MD)_1$ представляютъ молекулярную плотность смѣси. При высокой температурѣ оказываются всѣ частицы этихъ кислотъ энализированными, такъ же какъ у пропіоновой кислоты:

	t°	MD	(MD)	$(MD)_1$	Diff.	въ %
Нормальн. масляная кислота $C_4H_8O_2$	$80^\circ.0$	346.18	355.28	344.64	—1.54	0.44
Изомасляная	$80^\circ.1$	346.97	—	—	—2.33	0.67.

Здѣсь величины $(MD)_1$ представляютъ молекулярную плотность энальной формы.

Совершенно подобное же явленіе мы замѣчаемъ и въ другихъ рядахъ предѣльныхъ кислотъ: начальные члены ряда представляютъ или полимерную формулу или имѣютъ нормальное строеніе, высшіе же являются частью или сполна энализированными. Такъ полимерами оказываются кислоты молочная и пировиноградная (см. гл. IV), левулиновая же $C_5H_8O_3$ представляетъ смѣсь нормальной формы съ энализированной, для нея $MD = 500.00$ и $(MD) = 504.57$, для смѣси же находимъ $(MD)_1 = 499.24$, т. е. величину, совершенно отвѣчающую опытной, разница $= 0.49 = 0.10\%$; гомологъ желевулиновой кислоты кислота диметилгептаноновая $C_9H_{16}O_3$ есть уже полный энолъ, для нея $MD = 655.73$ и $(MD) = 665.29$, для энальной же ея формы имѣемъ $(MD)_1 = 654.65$, что даетъ разницу съ опытной величиной на $= 1.08 = 0.16\%$. Сюда же могутъ быть отнесены тѣ непредѣльныя кислоты, которыя заключаютъ замкнутую группировку углеродныхъ атомовъ, для нихъ, какъ напр., для триметилен- и тетраметиленкарбоновой кислоты имѣемъ случай смѣси нормальной формы съ энальной:

	MD	(MD)	$(MD)_1$	Diff.	въ %
Триметиленкарбоновая $C_4H_6O_2$	357.64	362.04	356.72	—0.90	0.25
Тетраметиленкарбоновая $C_5H_8O_2$	397.97	403.68	398.36	+0.39	0.10.

Въ ряду предѣльныхъ двусловныхъ кислотъ мы видимъ то же самое: щавелевая кислота оказывается полимеризованной, глутаровая $C_5H_8O_4$ имѣетъ нормальное строеніе, а

кислоты азелаиновая и себадиновая представляютъ полные энолы, т. е. въ нихъ оба карбонильныхъ атома кислорода находятся въ видѣ водяныхъ остатковъ

		<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	(<i>MD</i>) ₁	Diff.	въ %
Глютаровая кислота	$C_5H_8O_4$	608.44	609.31	—	+0.87	0.14
Азелаиновая »	$C_9H_{16}O_4$	748.25	775.83	754.55	+6.30	0.83
Себадиновая »	$C_{10}H_{18}O_4$	790.48	817.46	796.18	+5.70	0.72.

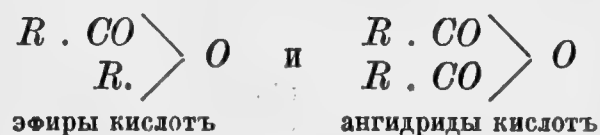
Непредѣльность у кислотъ такъ же какъ и у кетоновъ, ведетъ къ усиленію активности кислорода, но такъ какъ въ кислотахъ карбонильный атомъ этого элемента и безъ того уже почти всегда энολизированъ, то происходитъ прямо аллотропизація кислорода, т. е. переходъ послѣдняго въ четырехатомное состояніе, о чемъ будетъ рѣчь въ слѣдующей главѣ. Въ кислотахъ, точно такъ же какъ и при кетонахъ, образованіе замкнутой группировки углеродныхъ атомовъ оказываетъ вліяніе противодѣйствующее энολизаціи, что мы уже видѣли при кислотахъ три- и тетраметиленкарбоновыхъ, то же самое находимъ и для кислотъ камфоленовой, фенхоленовой и пулегеновой, имѣющихъ общую формулу $C_{10}H_{16}O_2$. Эти кислоты, по своей сложности и непредѣльности должны были бы быть всѣ энолами, но таковыми являются только двѣ послѣднихъ, первая же изъ нихъ имѣетъ нормальное строеніе:

		<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	(<i>MD</i>) ₁	Diff.	въ %
Камфоленовая кислота	=	600.96	604.11	—	+3.15	0.49
Фенхоленовая »	=	595.96	—	593.47	—2.49	0.42
Пулегеновая »	=	597.44	—	—	—3.97	0.67.

Точно такъ же являются только энолами, а не содержатъ аллотропированнаго кислорода, фенилуксусная кислота и ея гомологи:

Фенилуксусная кислота	$C_8H_8O_2$	=	494.07	505.38	494.74	+0.67	0.13
Фенилпропіоновая »	$C_9H_{10}O_2$	=	535.17	547.07	536.37	+1.20	0.22
Фенилвалеріановая »	$C_{11}H_{14}O_2$	=	617.19	630.27	619.64	+3.34	0.54.

Сказанное нами о кислотахъ является цѣликомъ приложимымъ и къ ихъ производнымъ: кислотнымъ эфирамъ и ангидридамъ кислотъ, для которыхъ мы, соотвѣтственно ихъ формуламъ строенія:



получимъ одно общее выраженіе для величины молекулярной плотности:

$$(MD) = 39.7n + mH + pO - (p + 1) 21.7 + p' 4.84 - p'' 7.74 \pm x$$

гдѣ p' — число карбонильныхъ, а p'' — число эфирныхъ атомовъ кислорода.

Изъ числа ангидридовъ кислотъ изслѣдованы всего два: уксусный и цитраконовый, оба они представляютъ полимерную форму и будутъ разсмотрѣны въ главѣ IV, здѣсь же мы займемся собственно эфирами кислотъ. Первый членъ этого ряда муравейно-метильный эфиръ является двуполимеромъ обычно придаваемой ему формулы (см. гл. IV), начиная же съ эфировъ, содержащихъ C_3 , мы имѣемъ весь рядъ состоящимъ изъ энольныхъ формъ; эфировъ нормальнаго строенія здѣсь повидимому не наблюдается:¹⁾ мы имѣемъ дѣло или со смѣсями нормальныхъ частицъ съ энολизированными или прямо энолы.

Къ первымъ относятся:

$C_3H_6O_2$: Муравейно-этильный эфиръ	$C_6H_{12}O_2$: Пропіоново-пропильный
» Уксусно-метильный	» Н. масляно-этильный
$C_4H_8O_2$: Уксусно-этильный	» Изомасляно-этильный
$C_5H_{10}O_2$: Уксусно-пропильный	$C_7H_{14}O_2$: Пропіоново-изобутильный
» Пропіоново-этильный	» Изомасляно-пропильный
» Н. масляно-метильный	
» Изомасляно-метильный	

Ко вторымъ, т. е. полнымъ эноламъ, относятся:

$C_4H_8O_2$: Муравейно-пропильный эфиръ	$C_9H_{18}O_2$: Масляно-амильный
$C_6H_{12}O_2$: Муравейно-амильный	» Изомасляно-амильный
» Валеріаново-метильный	» Амилуксусно-этильный
$C_7H_{14}O_2$: Уксусно-амильный	$C_{10}H_{20}O_2$: Валеріаново-амильный
» Валеріаново-этильный	$C_{12}H_{24}O_2$: Амилуксусно-амильный
$C_8H_{16}O_2$: Пропіоново-амильный	$C_{14}H_{28}O_2$: Лаурино-этильный.
» Масляно-изобутильный	
» Изомасляно-изобутильный	
» Валеріаново-изопропильный	

Изъ этихъ данныхъ мы видимъ, что энολизація кислотныхъ эфировъ постепенно усиливается съ усложненіемъ состава: для ряда уксусной и пропіоновой кислотъ таковая наступаетъ вполнѣ съ амильныхъ эфировъ, соотвѣтственно чему въ рядѣ этильныхъ и пропильныхъ эфировъ они начинаются съ валеріановой кислоты; въ ряду масляныхъ эфировъ она начинается съ бутильныхъ, а въ рядѣ бутильныхъ съ эфировъ масляной кислоты; всѣ

1) Если не говорить о прямо невѣрномъ опредѣленіи Лонга (Landolt's Tabellen) для пропіоново-метильнаго эфира, то имѣются только два вещества изъ этого ряда, гдѣ, по даннымъ опыта, мы должны признать нормальное строеніе: этильный и амильный эфиры діамилуксусной кислоты (Вальденъ). Для нихъ $MD = 766.53$ (діамилуксусный этиль) и 890.64 (діамилуксусный амиль), тогда какъ вычисленныя величины будутъ $(MD) = 767.75$ и 892.64 , т. е. согласныя съ

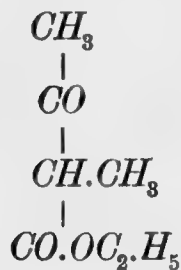
опытными. Зависитъ ли это отъ природы вещей или есть результатъ нечистоты препарата, сказать безъ провѣрочныхъ опытовъ конечно нельзя, но вѣроятно, что послѣднее вѣрнѣе, т. к. изомеръ діамилуксуснаго этила лаурино-этильный эфиръ $C_{14}H_{28}O_2$ имѣетъ энольную форму: для него $MD = 758.39$ и $(MD) = 767.75$, а для энла находимъ $(MD)_1 = 757.17$, т. е. величину, согласную съ опытомъ, разница $= -1.28 = 0.17\%$.

же эфиры валериановой кислоты, такъ же какъ и всѣ амильные эфиры, представляютъ полную энольную форму. Особо стоятъ эфиры муравейной кислоты, гдѣ энוליзація начинается гораздо раньше: уже муравьино-пропильный эфиръ является въ чисто энольной формѣ и только одинъ этильный представляетъ смѣсь нормальной съ энольной, несомнѣнно это находится въ зависимости отъ особенностей строения муравейной кислоты, съ одной стороны, какъ извѣстно, примыкающей къ альдегидамъ.

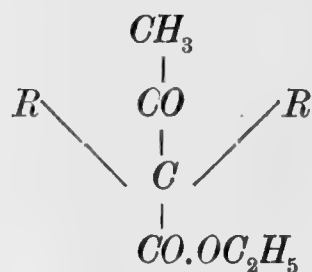
Подобное же явленіе, какъ въ ряду предѣльныхъ одноосновныхъ кислотъ, мы имѣемъ и въ другихъ рядахъ этихъ веществъ. Такъ между эфирами предѣльныхъ двуосновныхъ кислотъ $C_nH_{2n-2}O_4$ первые члены: щавелевый метилъ, янтарно- и маленово-метильные эфиры представляютъ дуполимеризованную частицу (см. главу IV), щавелево-этильный имѣетъ нормальное строеніе, этильные эфиры кислотъ маленовой и янтарной представляютъ смѣси нормального вещества съ энוליзованнымъ, а себаиново-метильный, янтарно-амильный и себаиново-этильный эфиръ, такъ же какъ и метилантарноамильный и антидиметилантарноамильный суть полные діэнолы, гдѣ оба карбонильныхъ атома кислорода находятся въ видѣ водяныхъ остатковъ, дальнѣйшее усложненіе состава ведетъ уже къ аллотропизаціи кислорода¹⁾. Изъ числа предѣльныхъ трехосновныхъ кислотъ мы имѣемъ изслѣдованнымъ только амильный эфиръ трикарбаллиловой кислоты, который представляетъ полный тріэноль, гдѣ всѣ три карбонильныхъ атома кислорода энוליзованы. Въ ряду оксикислотъ мы замѣчаемъ то же самое: между эфирами одноосновныхъ оксикислотъ угольно-этильный эфиръ имѣетъ строеніе нормальное, изъ числа же эфировъ двуосновныхъ оксикислотъ яблочнометильный является дуполимеромъ, этоксиантарно-этильный эфиръ имѣетъ нормальную частицу, яблочно-этильный и яблочно-изопропильный суть моноэнолы, т. е. въ нихъ энוליзованъ только одинъ карбонильный атомъ кислорода, а начиная съ яблочно-пропильнаго до яблочно-каприльнаго они представляютъ полные энолы. Въ двуосновныхъ діоксикислотахъ мы видимъ виннокаменно-этильный эфиръ съ нормальнымъ строеніемъ, а амильные эфиры виноградной и мезовинной кислоты содержащими уже аллотропизованный кислородъ (см. гл. III). Изъ числа эфировъ трехосновныхъ оксикислотъ изслѣдованные триэтилцитратъ и тетраэтилцитратъ оба представляютъ діэнолы. Въ ряду эфировъ предѣльныхъ кетоно-кислотъ, начинающемся съ ацетуксуснаго метила, мы имѣемъ слѣдующее: энוליзація выражена гораздо сильнѣе и уже первый членъ ряда, ацетуксусный метилъ, представляетъ смѣсь нормальной формы съ энольной, гомологъ же его, ацетуксусный этилъ есть смѣсь обоихъ эноловъ: моноэнола и діэнола, такъ какъ для него $MD = 527.12$, а величина (MD) вычисленная изъ формулы: $CH_3.CO.CH_2.C \leq \overset{O}{OC_2H_5} = 542.33$; для моноэнола находимъ 531.69 и для діэнола 521.04, среднее же изъ двухъ послѣднихъ даетъ

1) Щавелевоамильный эфиръ и амилмаленово-этильный, хотя являются изомерамисебаинового метила и должны были бы быть также діэнолами, но представляютъ особенности въ строеніи своей частицы (въ нихъ нѣтъ подходящаго атома водорода для энוליзаціи карбонильнаго кислорода), почему въ нихъ прямо происходитъ аллотропизація кислорода (см. гл. III).

$(MD)_1 = 526.37$, т. е. величину, совершенно отвѣчающую опытной, разница $0.75 = 0.14\%$. Гомологи ацетуксуснаго метила представляютъ три ряда: первый получается усложненіемъ эфирнаго радикала, къ нему принадлежитъ, кромѣ самого ацетуксуснаго метила, и обыкновенный ацетуксусный эфиръ; второй рядъ получается замѣщеніемъ одного атома водорода въ группѣ CH_2 , находящейся между двумя карбонильными, на тотъ или другой углеводородный остатокъ и третій рядъ получается замѣщеніемъ въ той же группѣ двухъ атомовъ



водорода. Ко второму ряду относится метилацетуксусный этиль, представляющій, подобно начальному члену ряда, смѣсь нормальной и энолизированной частицы, затѣмъ этилацетуксусный этиль нормальнаго строенія и эфиры аллилацетуксусный этиль и амилацетуксусный — оба полные діэнолы, съ обоими карбонильными атомами кислорода въ видѣ водяныхъ остатковъ. Въ третьемъ ряду диметилацетуксусный метиль и діэтилацетуксусный представляютъ моноэнолы, а изъ послѣдующихъ членовъ діамил- и діаллилуксусный этилы, благодаря тому, что полная энолизація не можетъ имѣть мѣста, по отсутствію подходящаго второго атома кислорода, что видно изъ ихъ строенія:



уже оказываются содержащими аллотропизованный кислородъ и будутъ нами рассмотрѣны въ слѣдующей главѣ.

Въ ряду предѣльныхъ двуосновныхъ кетоникислотъ, подобно предыдущему, первые члены оксалилуксусный этиль и ацетондикарбоновый являются діэнолами, а всѣ послѣдующія содержатъ аллотропизованный кислородъ, точно такъ же какъ и эфиры дикетоникислотъ: одноосновныхъ (ацетонщавелевый этиль, ацетилпирувинный и діацетилуксусный) и двуосновныхъ (діацетилмалоновый этиль), но въ ряду двуосновныхъ оксикетоникислотъ, благодаря присутствію только одной карбонильной группы, кромѣ карбоксильныхъ, мы видимъ только одну энолизацію. Изъ числа относящихся сюда веществъ ацетияблочнометильный эфиръ является дуполимеромъ, пропіонил-яблочнометильный имѣетъ нормальное строеніе, ацетияблочноэтильный, бутирил- и изобутириаблочнометильные, имѣющіе формулу $C_{10}H_{16}O_6$ — моноэнолы, пропіонияблочноэтильный, валерияблочнометильный состава $C_{11}H_{18}O_6$, бутирил- и изобутириаблочноэтильные и ацетияблочнопропильный съ формулой $C_{12}H_{20}O_6$ — діэнолы, а валерияблочноэтильный $C_{13}H_{22}O_6$ и бутириаблочнопропильный и ацетияблочноизобутильный $C_{14}H_{24}O_6$, такъ же какъ и валерияблочнопропильный $C_{15}H_{26}O_6$, бутириаблочнобутильный $C_{16}H_{28}O_6$ и валерияблочноизобутильный $C_{17}H_{30}O_6$ — тріэнолы.

Переходя къ эфирамъ непредѣльныхъ кислотъ, мы замѣчаемъ то же явленіе, что и при кислотахъ: съ увеличеніемъ непредѣльности, не говоря о сложности состава, увеличивается и стремленіе къ энолизациі въ нихъ кислорода, переходящее въ аллотропизацію послѣдняго. И здѣсь точно такъ же образованіе замкнутой группировки между углеродными атомами противодѣйствуетъ этому процессу. Такъ уксусный эфиръ гексагидроксисилола $C_{10}H_{18}O_2$, триметиленкарбоновый этиль $C_{10}H_{16}O_4$, моно- и діэтильный эфиры камфарной кислоты $C_{12}H_{20}O_4$ и $C_{14}H_{24}O_4$ оказываются только моноэнолами, а этильный эфиръ этилкамфаркарбоновой кислоты $C_{15}H_{24}O_3$, содержащій двѣ замкнутыхъ группировки, имѣетъ даже нормальное строеніе, уксусный же эфиръ метилфенилциклогексенола, уксусный крезиль¹⁾, фенилуксусный этиль, изомасляный бензиль и гидрокориичные этиль и амилъ представляютъ моноэнолы. Въ всѣхъ же болѣе непредѣльныхъ соединеніяхъ какъ алифатическихъ²⁾, такъ и циклическихъ, содержащихъ болѣе трехъ двойныхъ связей между углеродными атомами, мы видимъ уже явленіе аллотропизаціи кислорода.

Т. о. изучая молекулярную плотность кислородныхъ соединеній, мы приходимъ къ тремъ типамъ веществъ этого рода: первый состоитъ изъ спиртовъ и для него общая формула будетъ $(MD) = 39.7n + mH + pO - (p + 1)21.7 - 3.87 \pm x$; второй типъ, который можно назвать карбонильнымъ, характеризуется присутствіемъ группы $C = O$ имѣетъ общую формулу $(MD) = 39.7n + mH + pO - (p + 1)21.7 - 3.87 + p'4.84 \pm x$, гдѣ p' — число карбонильныхъ атомовъ кислорода; къ этому типу относятся альдегиды, кетоны и кислоты. Третій типъ — эфиры — заключаютъ группу $O < \frac{C}{C}$ и обнимаютъ собою простые (кислотные) эфиры, окиси углеродныхъ радикаловъ, ангидриды кислотъ и лактоны; общая формула для него будетъ $(MD) = 39.7n + mH + pO - (p + 1)21.7 - 3.87 \cdot 2p'' + + 4.84 p' \pm x$, гдѣ p'' — число эфирныхъ, а p' — карбонильныхъ атомовъ кислорода. Всѣ эти формулы могутъ быть сведены въ одну общую:

$$(MD) = 39.7n + mH + pO - (p + 1)21.7 - 3.87 - (2p'' - 1)3.87 + p'4.84 \pm x,$$

которая болѣе детально можетъ быть написана такъ:

$$(MD) = nC. + mH + p.O - 27.3n - 21.7(p + 1) - 3.87 - (2p'' - 1)3.87 + 4.84 p' \pm x,$$

гдѣ n	=	число атомовъ углерода, имѣющаго молекулярную плотность	=	67.0
m	=	» » водорода, » » » »	=	0.967
p	=	» » кислорода, » » » »	=	126.44
p'	=	» » карбонильнаго кислорода		
p''	=	» » эфирнаго »		

1) Эфиры бензойной кислоты, въ силу особенностей ихъ строенія, не допускающаго энольной формы, называются содержащими аллотропированный кислородъ. 2) За исключеніемъ акрильно-метильнаго эфира, имѣющаго нормальное строеніе, и притомъ склоннаго къ полимеризаціи (см. гл. IV).

- x = число замкнутыхъ группировокъ ($P = + 8.70$) и многократныхъ связей между углеродными атомами ($F = - 5.80$; $F = - 3.87$; $F_n = 25.14$)
- 27.3 — измѣненіе молекулярной плотности атома углерода, зависящее отъ вступленія его въ химическое соединеніе.
- 21.7 ($p + 1$) измѣненіе молекулярной плотности атома кислорода, зависящее отъ вступленія его въ химическое соединеніе
- 3.87 — измѣненіе, зависящее отъ присоединенія второго атома углерода или другого элемента къ первоначальному, для образованія цѣпи.

Глава третья.

О четырехатомности кислорода въ органическихъ соединеніяхъ.

Разсматривая величину молекулярной плотности нѣкоторыхъ веществъ, относящихся притомъ къ различнымъ классамъ органическихъ соединеній, какъ, напр., у эфировъ коричной кислоты, фороны, салициловаго и коричнаго альдегидовъ, гераніевой и оксигидрогераніевой кислотъ и ихъ эфировъ, эйгенола, анетолъ, нафтоксилацеталей и др., мы видимъ, что опытная величина MD сильно разнится отъ вычисленной изъ ихъ формулы и притомъ разнится всегда въ одну и ту же сторону: она всегда меньше и настолько много меньше послѣдней, что разница не можетъ быть объяснена обычными приемами, напр., ихъ энолизаціей, да таковая кромѣ того невозможна въ нѣкоторыхъ случаяхъ, напр., при коричномъ спиртѣ. Точно такъ же различіемъ въ строеніи эта разница не объясняется, какъ напр., при анетолѣ и аллилпаракрезильномъ эфирѣ, которые хотя являются тѣлами изомерными, но одинаково построенными и должны были бы имѣть одинаковую величину молекулярной плотности, но на самомъ дѣлѣ таковая для анетолъ = 454.62, а для аллилпаракрезильнаго эфира = 471.15, т. е. представляетъ нормальное явленіе, такъ какъ даетъ разницу съ вычисленной величиной (MD) = 469.40 всего на $+ 1.75 = 0.37\%$, тогда какъ при анетолѣ эта разница = 14.78 = 3.14%. Объясненіе, что мы здѣсь имѣемъ дѣло съ полимерными частицами совершенно не приложимо, такъ какъ вездѣ, гдѣ имѣются таковыя, происходитъ увеличеніе молекулярной плотности, здѣсь же мы имѣемъ совершенно наоборотъ: опытная величина всегда меньше вычисленной. Разсматривая величины разницъ въ этомъ случаѣ, мы замѣчаемъ, во-первыхъ, что встрѣчаются только у непредѣльныхъ соединеній, а, во-вторыхъ, что онѣ являются кратными отъ величины = 7.74, такъ напр.

		MD	(MD)	Diff.
Метилизоэйгенолъ	$C_{10}H_{12}O_2$	575.58	622.53	+46.95
Этилизоэйгенолъ	$C_{12}H_{16}O_2$	619.29	664.17	+44.38
Этилизошавибетолъ	$C_{12}H_{16}O_2$	616.53	—	+47.64
Коричноэтильный эфиръ	$C_{11}H_{12}O_2$	571.60	618.68	+47.58
Фенилпропіоловый амилъ	$C_{14}H_{16}O_2$	698.48	743.58	+45.10
Среднее = 46.33 = 6×7.74 (= 46.44)				

Также:

		<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.
Метилсалициловый этиль	$C_{10}H_{12}O_3$	653.56	681.78	+28.18
Амилэйгеноль	$C_{15}H_{22}O_2$	757.62	789.07	+31.45
Оксигидрогераніевый этиль	$C_{12}H_{22}O_3$	755.14	787.30	+32.16
Этилшавибетоль	$C_{12}H_{16}O_2$	632.94	664.17	+31.23
Изоэйгеноль	$C_{10}H_{12}O_2$	546.43	574.14	+28.71
Малеино амильный эфиръ	$C_{14}H_{24}O_4$	933.58	964.66	+31.08
Фумарозтильный	$C_8H_{13}O_4$	658.14	714.86	+29.72
β-нафтоксилацеталь	$C_{16}H_{20}O_3$	860.47	892.90	+32.57

Среднее = 30.64 = 4 × 7.74 (= 30.96).

Это обстоятельство даетъ ключъ къ объясненію всего явленія. Величина 7.74, имѣющая знакъ —, есть не что иное, какъ вліяніе, вносимое въ величину молекулярной плотности группой $O < \overset{C}{\underset{C}{|}}$, находящейся въ эфирахъ, такое вліяніе группы $O < \overset{C}{\underset{C}{|}}$ имѣетъ мѣсто и въ другихъ соединеніяхъ, гдѣ она встрѣчается, хотя бы такія вещества и не имѣли свойствъ настоящихъ эфировъ. Очевидно, что и здѣсь мы имѣемъ дѣло съ такимъ же явленіемъ, и во всѣхъ вышеприведенныхъ соединеніяхъ имѣются нѣсколько такихъ группировокъ $O < \overset{C}{\underset{C}{|}}$ но такъ какъ анализъ показываетъ, что во многихъ изъ нихъ находится меньше атомовъ кислорода, чѣмъ требуется для образованія такихъ группъ, то приходится допустить только одно, что таковой находится въ этихъ веществахъ не съ обычной атомностью = 2, а съ большей, при которой онъ бы могъ образовать не двѣ, а нѣсколько эфирныхъ связей съ углеродными атомами. Это вполне возможно при наличности двухъ условій: при непредѣльности вещества, т. е. нахожденіи у углеродныхъ атомовъ свободныхъ единицъ сродства, что мы обыкновенно и имѣемъ, и при допущеніи, что въ таковыхъ веществахъ кислородъ является не двухъ, а четырехатомнымъ. Допустивъ это послѣднее условіе, мы получимъ легкое объясненіе всѣхъ существующихъ аномалій.

Исходя изъ того, фактически установленнаго положенія, что обычная эфирная связь между углероднымъ и кислороднымъ атомами, т. е. группировка $O < \overset{C}{\underset{C}{|}}$ производитъ вліяніе = 7.74, мы можемъ заранѣе опредѣлить то вліяніе, которое будетъ вносить въ величину молекулярной плотности каждый атомъ кислорода, ставшій четырехатомнымъ. Назовемъ каждую единицу сродства разныхъ углеродныхъ атомовъ, соединенную съ кислородомъ, чрезъ a_1 , a_2 , a_3 и a_4 , тогда будемъ имѣть по предыдущему:

$$a_1 \cdot O \cdot a_2 = - 7.74.$$

Другихъ комбинацій здѣсь быть не можетъ. Когда кислородный атомъ будетъ соединенъ съ тремя единицами сродства трехъ разныхъ углеродныхъ, то получимъ

$$\begin{array}{rcl}
 a_1 & & a_1 \cdot O \cdot a_2 = - 7.74 \\
 | & & \\
 O - a_2 & = & a_2 \cdot O \cdot a_3 = - 7.74 \\
 | & & \\
 a_3 & & a_1 \cdot O \cdot a_3 = - 7.74 \\
 \hline
 & & \text{Сумма} = - 23.22
 \end{array}$$

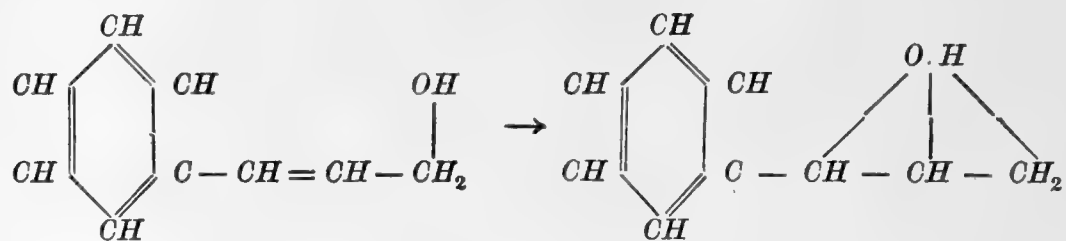
т. е. влияние группы $O \begin{array}{l} \swarrow C \\ \searrow C \end{array}$ будетъ $= - 23.22$.

Въ случаѣ же соединенія атома кислорода съ 4-мя единицами сродства углеродныхъ атомовъ, получимъ

$$\begin{array}{rcl}
 a_1 & & a_1 \cdot O \cdot a_2 = - 7.74 \\
 | & & \\
 a_4 - O - a_2 & = & a_2 \cdot O \cdot a_3 = - 7.74 \\
 | & & \\
 a_3 & & a_3 \cdot O \cdot a_4 = - 7.74 \\
 & & a_1 \cdot O \cdot a_3 = - 7.74 \\
 & & a_2 \cdot O \cdot a_4 = - 7.74 \\
 & & a_1 \cdot O \cdot a_4 = - 7.74 \\
 \hline
 & & \text{Сумма} = - 46.44
 \end{array}$$

Т. е. влияние группы $C \begin{array}{c} | \\ C - O - C \\ | \\ C \end{array}$ будетъ $= - 46.44$. Это мы и имѣемъ на самомъ дѣлѣ.

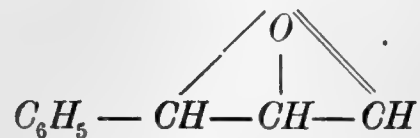
Такъ, для коричнеаго спирта $C_9H_{10}O$ изъ опытныхъ данныхъ находимъ величину молекулярной плотности $MD = 418.86$. Изъ его же обычной формулы: $C_6H_5 \cdot CH = CH - CH_2 \cdot OH$ вычисляется величина $(MD) = 435.51$, на 14.64 един. большая, что даетъ разницу въ 3.36%, т. е. совершенно выходящую за предѣлы всякихъ неточностей и допускаемыхъ влияній, полагая же, что въ этомъ веществѣ находится кислородъ въ четырехатомномъ состояніи, мы получимъ для него строеніе:



$$\begin{array}{rcl}
 \text{вычисляя эту формулу, находимъ: } C_9 + H_{10} + O & = & - 450.01 \\
 x & = & - 8.70 (= 3F + P) \\
 O_{III} & = & - 23.22 \\
 \hline
 (MD)_2 & = & 418.09
 \end{array}$$

т. е. имѣемъ полное согласіе съ опытной величиной, разница $- 0.77 = 0.08\%$.

Точно такимъ же образомъ имѣемъ для коричнеаго альдегида $C_6H_5CH = CH.C \leq \frac{O}{H}$ изъ опытныхъ данныхъ $MD = 394.87$, а изъ приведенной формулы $(MD) = 470.43$, т. е. величину, сильно отличающуюся, разниа $= 45.56 = 13.54\%$. Полагая, что и здѣсь, подобно коричнему спирту, кислородъ аллотропированъ и имѣетъ атомность $= 4$, найдемъ, что строение коричнеаго альдегида должно выражаться формулой



т. е. въ немъ кислородъ будетъ соединенъ четырьмя единицами сродства съ тремя различными углеродными атомами, тогда величина молекулярной плотности этого вещества должна быть такова:

$$\begin{array}{rcl} C_9 + H_8 + O & = & 448.08 \\ x & = & - 8.70 (= 3F + P) \\ O^{IV} & = & - 46.44 \\ \hline (MD)_2 & = & 392.94, \end{array}$$

разница съ опытной $= - 1.93 = 0.49\%$.

Т. о. мы и здѣсь видимъ подтвержденіе того вліянія, которое долженъ вносить въ величину молекулярной плотности четырехатомный кислородъ, и вмѣстѣ съ тѣмъ видимъ, что принятіе четырехатомности этого элемента совершенно объясняетъ наблюдаемую разницу между опытной и вычисленной величинами. Совершенно то же самое мы находимъ въ другихъ случаяхъ, гдѣ таковая разница замѣчается: она всегда объясняется тѣмъ, что въ такихъ соединеніяхъ кислородъ энолизированъ или аллотропированъ или то и другое вмѣстѣ. Энолизація является т. о. первой ступенью къ аллотропизаціи, и въ началѣ ряда такихъ веществъ обычно выступаетъ только она и только затѣмъ происходитъ превращеніе двухатомнаго кислорода въ четырехатомный, его аллотропизація, тамъ же гдѣ энолизація невозможна, наступаетъ прямо аллотропизація. Руководясь теперь этимъ, рассмотримъ подобные всѣ имѣющіеся случаи, гдѣ замѣчается присутствіе четырехатомнаго кислорода. Они встрѣчаются одинаково и въ жирномъ и ароматическомъ ряду, между алифатическими гомо- и гетероциклическими соединеніями самаго разнообразнаго характера, при непремѣнномъ лишь условіи, чтобы въ таковыхъ находилась или могла образоваться многократная связь между углеродными или углероднымъ и кислороднымъ атомами.

Начнемъ съ соединеній, относящихся къ группѣ коричнеаго кислоты, такъ какъ вещества принадлежащія къ ней даютъ почти всѣ наиболѣе типическія комбинаціи соединенія четырехатомнаго кислорода съ углеродными атомами.

О строеніи соединеній группы коричнеаго кислоты. Мы видѣли выше, что большая разница, замѣчаемая между опытной и вычисленной величинами молекулярной плотности

коричнаго спирта и альдегида находятъ себѣ полное объясненіе въ томъ, что въ этихъ веществахъ кислородъ является четырехатомнымъ. То же самое мы видимъ и при коричной кислотѣ. Обычно придаваемое этому веществу строеніе таково: $C_6H_5 \cdot CH = CH - C \begin{smallmatrix} O \\ \parallel \\ O.R \end{smallmatrix}$. Кромѣ обыкновенной коричной кислоты существуетъ еще изомерная съ ней аллокориичная, которая считается ея стереоизомеромъ:



Аллокориичная кислота, полученная Либерманомъ, кристаллична и въ бензольномъ растворѣ, при дѣйствіи солнечнаго свѣта, переходитъ въ коричную кислоту.

Кромѣ аллокориичной кислоты извѣстна еще изокориичная, также легко переходящая въ коричную; строеніе ея неизвѣстно, такъ же какъ и четвертаго изомера этой формулы, кислоты полученной Эрленмейеромъ при восстановленіи бромокориичныхъ кислотъ. Всѣ эти изомеры отличаются по своей точкѣ плавленія:

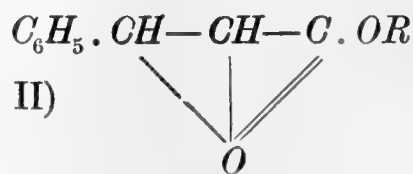
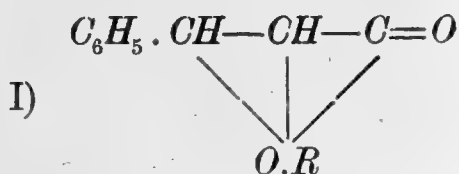
Кориичная	т. пл. = 133°
Аллокориичная	» = 68°
Изокориичная	» = 57°
Кислота Эрленмейера	» = 43°—46°.

Въ оптическомъ отношеніи изслѣдованы метильный, этильный и амильный эфиры кориичной кислоты и первые два для аллокориичной, при чемъ получены слѣдующія данныя:

		<i>MD</i>	(<i>MD</i>)
Коричный метиль	$C_{10}H_{10}O_2$	532.19	577.05
Аллокоричный »	—	542.19	—
Коричный этиль	$C_{11}H_{12}O_2$	571.05	618.68
Аллокоричный этиль	—	583.36	—
Коричный амиль	$C_{14}H_{18}O_2$	695.85	743.58.

Вычисляя для этихъ веществъ молекулярную плотность по обычной формулѣ, находимъ величины, приведенныя подъ (MD). Какъ видно, онѣ сильно разнятся отъ опытныхъ и всѣ въ одну сторону: онѣ много больше и притомъ настолько, что даже допуская въ этихъ веществахъ энолизацию кислорода, всё же не получаемъ нужнаго согласія, притомъ изомерные эфиры обыкновенной и аллокориичной кислотъ представляютъ между собой разницу весьма значительную, хотя должны были бы имѣть одинаковую величину молекулярной плотности, подобно изомернымъ эфирамъ другихъ кислотъ, какъ это мы видѣли выше. Т. о. и здѣсь приходится допустить возможность аллотропизации кислорода, подобно тому, какъ это необходимо было сдѣлать для родственныхъ этимъ веществамъ кориичному спирту и

альдегиду. Здѣсь дѣло усложняется тѣмъ, что имѣется не одинъ, а два атома кислорода и притомъ различно связанныхъ съ углеродомъ: одинъ въ эфирной группѣ, другой же въ карбонильной, почему будутъ возможны два случая аллотропіи кислорода:



Такое различіе рѣзко сказывается на величинѣ молекулярной плотности; такъ если возьмемъ случай, гдѣ $R = CH_3$, т. е. метильный эфиръ коричной кислоты, то вычисленная изъ предыдущихъ формулъ величина будетъ:

1) I

$C_{10} + H_{10} + O_2$	=	594.45
x	=	— 8.70
$O^=$	=	+ 4.84
O^{IV}	=	— 46.44
<hr/>		
(MD)	=	544.15

II

$C_{10} + H_{10} + O_2$	=	594.45
x	=	— 8.70
$O^<$	=	— 7.74
O^{IV}	=	— 46.44
<hr/>		
(MD)	=	531.56

т. е. когда аллотропіи подвергается эфирный кислородъ (I), то получается величина молекулярной плотности много большая чѣмъ въ томъ случаѣ, когда ей подвергается атомъ карбонильнаго кислорода (II). Первый случай мы будемъ называть эталлоформой, а второй — кеталлоформой, третій же возможный случай, когда аллотропированный кислородъ соединенъ не съ четырьмя, а только съ тремя единицами сродства углерода, какъ напр. въ коричномъ спиртѣ, гидраллоформой. Вычисляя теперь молекулярную плотность эфировъ коричной и аллокоричной кислотъ по формулѣ (I), т. е. считая ихъ за эталлосоединенія, находимъ слѣдующее:

	(MD) _I
Метильный эфиръ	544.15
Этильный »	585.78

т. е. полное согласіе съ опытными данными, полученными для эфировъ аллокоричной кислоты.

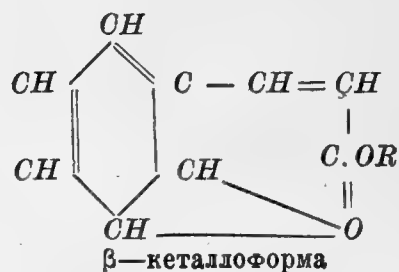
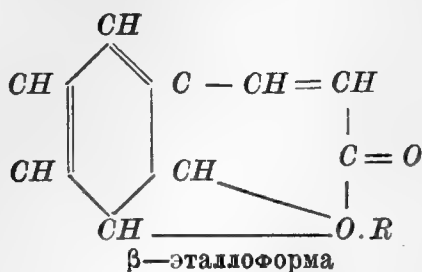
	MD	(MD) _I	Diff.	въ %
Аллокоричный метиль	542.19	544.15	+1.96	0.36
Аллокоричный этиль	583.86	585.78	+1.92	0.33.

1) Знакомъ $O^=$ мы будемъ вездѣ означать атомъ кислорода связаннымъ двумя единицами сродства съ углероднымъ, т. е. карбонильный, знакомъ же $O^<$ — эфирный атомъ кислорода; O^{III} — означаетъ атомъ этого элемента, соединенный съ тремя, а O^{IV} съ четырьмя разными единицами сродства углерода, т. е. атомъ четырехатомнаго кислорода.

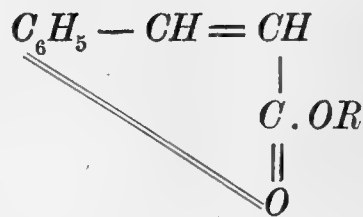
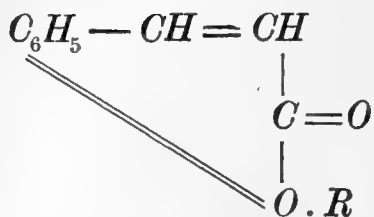
Для эфировъ же обыкновенной коричной кислоты эти величины оказываются совершенно не подходящими: они много больше, если же мы сдѣлаемъ вычисленіе по формулѣ (II), т. е. для кеталлоформы, то найдемъ для нихъ полное согласіе съ опытными данными:

		MD	$(MD)_H$	Diff.	въ %
Коричный метиль	$C_{10}H_{10}O_2$	532.19	531.57	—0.62	0.11
» этиль	$C_{11}H_{12}O_2$	571.05	573.20	+2.15	0.37
» амилъ	$C_{14}H_{18}O_2$	695.85	698.10	+2.25	0.32.

Т. о. аллокори́чная кислота представляет собою эталлоформу, а обыкновенная коричная кеталлоформу, чѣмъ вполне и объясняется разница въ ихъ строеніи, а слѣдовательно въ ихъ свойствахъ. Теперь спрашивается, какое же должно быть строеніе изокори́чной кислоты и кислоты Эрленмейера? Отвѣтить на этотъ вопросъ вполне нельзя, по отсутствію опытныхъ данныхъ для этихъ веществъ, и можно только дѣлать предположенія. Допуская, что и въ этихъ случаяхъ кислородъ аллотропированъ, мы должны будемъ, для объясненія ихъ изомеріи съ предыдущими, допустить, что при аллотропизаціи кислорода распалась двойная связь не тѣхъ углеродныхъ атомовъ, которые находятся въ боковой цѣпи, а у принадлежащихъ къ бензольному ядру. И здѣсь мы получимъ тѣ же два случая: эталло- и кеталлоформу¹⁾.



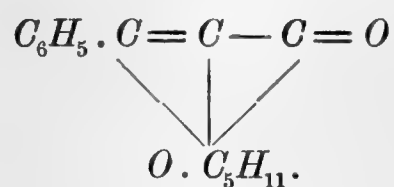
или сокращенно



Какая изъ этихъ формулъ принадлежитъ той или другой кислотѣ, по отсутствію опытныхъ данныхъ конечно судить нельзя, но нѣкоторое указаніе даютъ ихъ точки плавленія. Обыкновенная коричная кислота, т. е. кеталлокори́чная, плавится выше аллокори́чной, т. е. эталлокори́чной, сообразуясь съ этимъ можно думать, что изокори́чная кислота имѣетъ β-кеталлоформу, а кислота Эрленмейера — β-эталлоформу.

1) Въ послѣдующемъ изложеніи мы будемъ означать какъ α-аллоформу ту, которая образовалась на счетъ двойной связи между углеродными атомами въ алифатической цѣпи, а β-аллоформой будемъ называть образовавшуюся на счетъ двойной связи въ циклической группировкѣ углеродныхъ атомовъ.

Въ близкомъ отношеніи къ коричнымъ кислотамъ находится кислота фенилпропіоловая $C_6H_5C \equiv C \leq \begin{smallmatrix} O \\ OR \end{smallmatrix}$, изслѣдованная въ видѣ амильнаго эфира $C_{14}H_{16}O_2$, для котораго опытная величина молекулярной плотности $MD = 698.48$, вычисляя же таковую изъ приведенной формулы, находимъ $(MD)_1 = 743.58$, т. е. и здѣсь очевидно кислородъ является аллотропированнымъ. Въ этомъ веществѣ, какъ извѣстно, имѣется наличность тройной связи между углеродными атомами на мѣстѣ двойной, имѣющейся въ коричной кислотѣ, и аллотропія кислорода очевидно должна происходить на счетъ этой тройной связи, которая тогда превратится въ двойную, т. е. строеніе фенилпропіоловой кислоты будетъ, взявъ ея амильный эфиръ¹⁾:



Вычисляемъ по этой формулѣ величину молекулярной плотности $(MD)_2 = 702.95$, что даетъ разницу съ опытной величиной $+ 4.47 = 0.63\%$.

Фенилпропіоловая кислота по отношенію къ коричной является тѣломъ болѣе непредѣльнымъ, отличаясь по составу на $- 2H$. Въ обратномъ отношеніи къ коричной стоитъ кислота гидрокоричная, являющаяся продуктомъ присоединенія къ ней $2H$, что ведетъ къ уничтоженію двойной связи между углеродными атомами въ боковой цѣпи. Это обстоятельство тотчасъ отразилось на величинѣ молекулярной плотности этого вещества и на его строеніи, такъ какъ уничтоженіе двойной связи повлекло за собой и уничтоженіе аллотропическаго состоянія кислорода. Гидрокоричная кислота въ своихъ этильномъ и амильномъ эфирахъ является только эноломъ нормальнаго строенія: $C_6H_5 - CH - C = C < \begin{smallmatrix} OH \\ OH \end{smallmatrix}$. Мы имѣемъ для нихъ изъ опытныхъ данныхъ:

		MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Гидрокоричный этиль	$C_{11}H_{14}O_2$	618.56	626.41	615.77	-2.79	0.45
» амиль	$C_{14}H_{20}O_2$	743.82	751.32	740.78	-3.04	0.42

подъ $(MD)_2$ приведены величины молекулярной плотности, вычисленные для энольной формы нормальнаго строенія, какъ видно онѣ совершенно согласуются съ опытными. Подобное же явленіе представляютъ гомологъ гидрокоричной кислоты — кислота фенилукусная,

1) Здѣсь, какъ видно, имѣется α -эталлоформа. Кеталлоформа даетъ величину (MD) совершенно не подходящую къ опытной. Въ дальнѣйшемъ изложеніи я буду прямо указывать ту форму, которую получаетъ данное вещество при аллотропизаціи въ немъ кислорода,

Зап. Физ.-Мат. Отд.

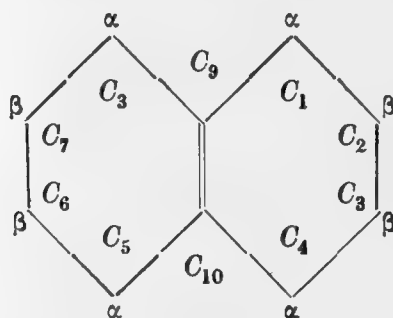
не приводя всевозможныхъ случаевъ, т. к. это было бы ненужнымъ повтореніемъ счета въ большинствѣ случаевъ, тамъ же, гдѣ это можетъ быть полезно для уясненія строенія, будутъ приводимы, кромѣ подходящей, и другія возможныя формулы.

изслѣдованная въ свободномъ состояніи и въ видѣ этильнаго эфира и изомеръ гидрокори-
наго этила бензильный эфиръ изобутириновой кислоты $C_3H_7CO(OC_6H_5CH_2)$: всѣ они простые
энолы нормальнаго строенія, такъ же какъ и гомологи Фенилуксусной кислоты:

		MD	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Изобутириновый бензинъ	$C_{11}H_{14}O_2$	618.15	615.77	—2.38	0.38
Фенилуксусный этиль	$C_{10}H_{12}O_2$	575.34	574.14	—1.20	0.21
Фенилуксусная кислота	$C_8H_8O_2$	494.07	494.44	+0.67	0.13
Фенилпропіоловая кислота	$C_9H_{10}O_2$	535.17	536.37	+1.20	0.22
Фенилвалеріановая »	$C_{11}H_{14}O_2$	617.19	619.63	+2.44	0.39.

Очевидно, что во всѣхъ этихъ случаяхъ большое разстояніе между могущимъ аллотро-
пироваться кислороднымъ атомомъ и двойной связью углеродныхъ, необходимой для этого,
повліяло въ неблагопріятную сторону и потому, мы вмѣсто аллотропизаціи кислорода видимъ
простую его энолизацію. Дальше мы встрѣтимъ примѣры еще такого вліянія, а теперь пе-
рейдемъ къ нафтойнымъ кислотамъ, которыя даютъ возможность разсмотрѣть нѣкоторыя
новыя стороны изучаемаго явленія.

О строеніи нафтойныхъ кислотъ $C_{10}H_7.COOR$. Какъ извѣстно, нафтойная кислота
является въ двухъ изомерныхъ формахъ: въ видѣ α — и β — нафтойныхъ кислотъ. Для
объясненія этой изомеріи принимается, что карбоксильная группа въ обѣихъ кислотахъ за-
нимаетъ различное положеніе: въ первомъ она замѣщаетъ тотъ атомъ водорода, который
находится въ α — положеніи, во второй же тотъ, который занимаетъ β — мѣсто



Такое отличіе замѣчается и въ другихъ рядахъ замѣщенныхъ нафталиновъ; такъ имѣются
два ряда нафтоловъ: α и β , два ряда простыхъ эфировъ нафтоловъ, два ряда нафтоксилаце-
талей и т. д. Изъ производныхъ нафтойныхъ кислотъ изслѣдованы въ оптическомъ отноше-
ніи этильные и амилные эфиры обоихъ рядовъ: α и β , при чемъ найдено:

			MD	$(MD)_1$	
α —	НАФТОЙНЫЙ	ЭТИЛЬ	$C_{13}H_{12}O_2$	659.52	681.64
β —	»	»	—	651.90	—
α —	»	АМИЛЬ	$C_{16}H_{18}O_2$	785.62	806.54
β —	»	»	—	778.75	—

При сравненіи опытныхъ величинъ съ вычисленными изъ формулы этихъ веществъ
 $(MD)_1$, очевидно ихъ полное несогласіе: послѣднія много больше, а во вторыхъ оказываются

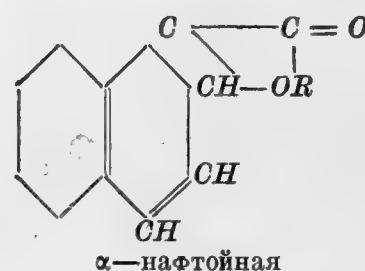
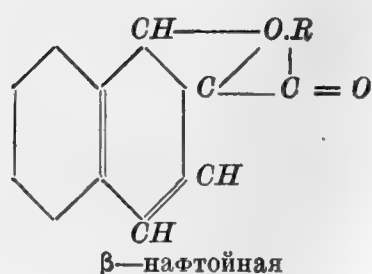
одинаковыми для α и β формъ, между тѣмъ ясно, что α и β эфиры опредѣленно отличаются другъ отъ друга по величинѣ молекулярной плотности и эта разница не случайная, а обусловливаемая природой этихъ веществъ, такъ какъ она у обоихъ рядовъ направлена въ одну и ту же сторону, именно: α — эфиры имѣютъ величину MD большую всегда, чѣмъ β — эфиры и притомъ почти на одно и то же число. Это обстоятельство указываетъ на то, что изомерія α и β рядовъ въ эфирахъ нафтойныхъ кислотъ не можетъ обусловливаться только однимъ различіемъ положеніемъ карбоксильной группы въ нафталиновомъ ядрѣ, а должна имѣть другую болѣе глубокую причину. Въ самомъ дѣлѣ, рассматривая величины молекулярной плотности такихъ изомеровъ, которые отличаются другъ отъ друга различнымъ положеніемъ въ ядрѣ замѣщающихъ группъ, при тождествѣ послѣднихъ, мы видимъ, что такія вещества имѣютъ молекулярную плотность одинаковой величины и совершенно согласующуюся съ вычисленной изъ ихъ формулы. Таковы, напримѣръ:

		MD	$(MD)_1$	Diff. въ %
Ортоксиль	C_8H_{10}	314.66	314.70	0.01
Мета	—	313.30	—	0.44
Пара	—	313.36	—	0.42
Диметилреггорциколь (1.3)	$C_8H_{10}O_2$	479.60	478.82	0.16
Диметилгваяколь (1.4)	—	480.61	—	0.35
Метил-ортотомильный эфиръ	$C_8H_{10}O$	395.22	393.87	0.34
Метилмета	—	393.42	—	0.11
Метилпара	—	393.12	—	0.19.

То же самое встрѣчаемъ въ самомъ нафтолиновомъ ряду, гдѣ напр. имѣемъ

		MD	$(MD)_1$	Diff. въ %
Амилъ α -нафтоль	$C_{15}H_{18}O$	656.13	661.13	0.76
» β »	—	656.00	—	0.78
Этилъ α -нафтильный эфиръ	$C_{12}H_{12}O$	531.06	532.31	0.24
» β » »	—	529.74	—	0.49.

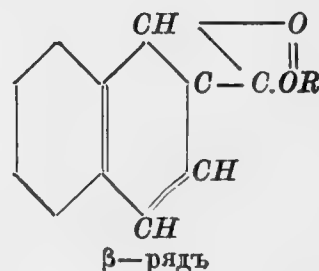
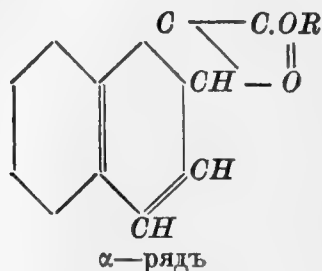
Во всѣхъ этихъ случаяхъ мы видимъ, что разница между величинами молекулярной плотности такихъ изомеровъ настолько мала, что ихъ можно считать въ этомъ отношеніи тождественными, чего относительно α и β нафтойныхъ эфировъ очевидно допустить нельзя. Большая разница между опытной и вычисленной величинами молекулярной плотности послѣднихъ, состоящая въ томъ, что вычисленная много больше опытной, заставляетъ предполагать, что въ этихъ веществахъ кислородъ является аллотропированнымъ. Такъ какъ здѣсь мы имѣемъ, подобно коричной и всѣмъ вообще кислотамъ, два атома кислорода въ частицѣ, то получимъ сообразно этому двѣ формы: эталлоформу, при аллотропизаціи эфирнаго кислорода, и кеталлоформу, когда будетъ аллотропированъ кислородъ карбонильной группы. Въ первомъ случаѣ строеніе α и β нафтойныхъ кислотъ будетъ:



Вычисляя по этимъ формуламъ молекулярную плотность, мы находимъ для этильнаго эфира (MD) = 648.41, а для амильнаго = 773.64, при чемъ оба случая α и β даютъ одну и ту же величину. Сравнивая ее съ полученными изъ опытныхъ данныхъ, мы видимъ, что она совершенно согласуется съ той, которая имѣется для эфировъ β -нафтойной кислоты

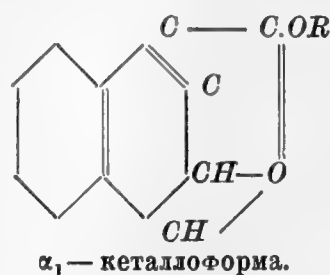
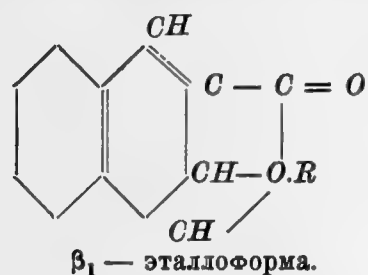
	MD	$(MD)_2$	Diff.	въ %
β — нафтойный этиль	651.90	648.41	—3.51	0.54
β — » амиль	773.64	778.75	—5.11	0.65

данныя же для эфировъ α -нафтойной кислоты отличаются отъ нихъ весьма значительно, и такъ какъ мы нашли и въ этомъ случаѣ для α и β рядовъ одинаковую величину для вычисленной молекулярной плотности, то очевидно, что изомерія ихъ должна быть объясняема не разницей въ положеніи замѣщающихъ группъ, а чѣмъ-нибудь другимъ. Принимая что, въ нафтойныхъ кислотахъ будетъ аллотропированъ карбонильный кислородъ, найдемъ, что строеніе ихъ будетъ

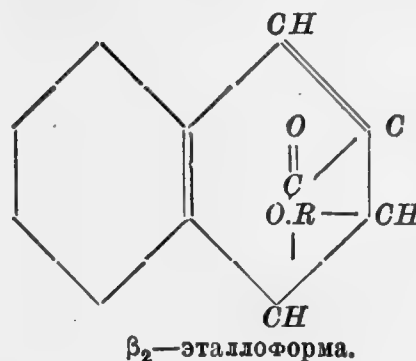
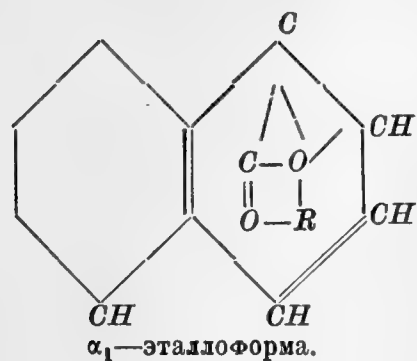
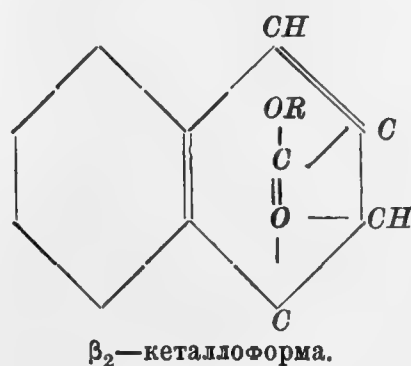
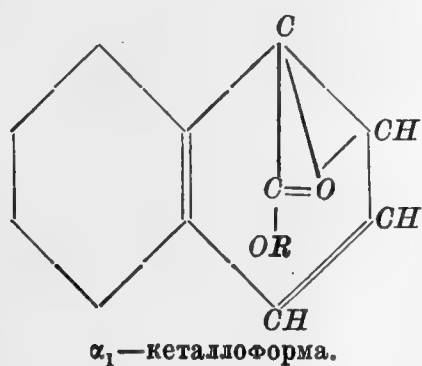


Эти формулы даютъ опять таки для обоихъ рядовъ одну и ту же величину (MD), равную для этильных эфировъ = 635.83, а для амильныхъ = 761.06, т. е. совершенно неподходящую къ опытнымъ даннымъ и не дающую объясненія ихъ изомеріи.

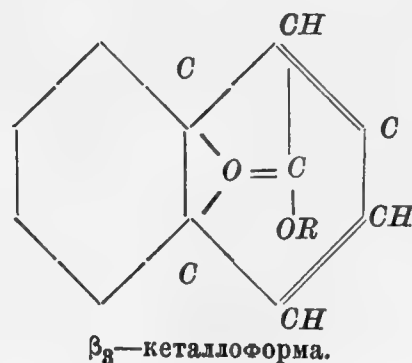
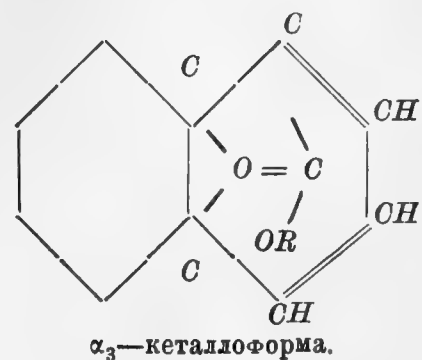
Разсматривая всѣ приведенныя формулы, мы видимъ, что при аллотропизаціи кислорода во всѣхъ въ нихъ принимаетъ участіе только та двойная связь между углеродными атомами, которая находится между C_1 и C_2 , при чемъ строеніе получающихся изомеровъ оказывается столь мало различнымъ, что является вопросъ, можетъ ли такая разниа оказывать замѣтное вліяніе на свойства вещества. Но кромѣ того случая, когда въ аллотропизаціи кислорода принимаетъ участіе двойная связь $C_1 = C_2$, вполне возможенъ и тотъ случай, когда въ ней будетъ участвовать двойная связь между C_3 и C_4 , при чемъ также получается четыре изомера: два для эталлоформы и два для кеталлоформы



Очевидно однако, что величина молекулярной плотности такихъ изомеровъ будетъ совершенно одинакова съ вышеприведенными и вопросъ объ изомеріи α и β рядовъ этимъ не разъясняется. Всѣ предыдущія формулы мы можемъ написать нѣсколько иначе, другимъ способомъ, который однако имѣетъ то преимущество, что позволяетъ предвидѣть возможность еще новаго ряда изомеровъ. Такъ случаи α — ряда мы можемъ изобразить слѣдующимъ образомъ ¹⁾:



Такое построение позволяетъ думать, что возможенъ случай, когда въ аллотропизаціи кислорода будетъ участвовать нафтолинно-этиленная связь, находящаяся между C_9 — C_{10} , тогда получимъ



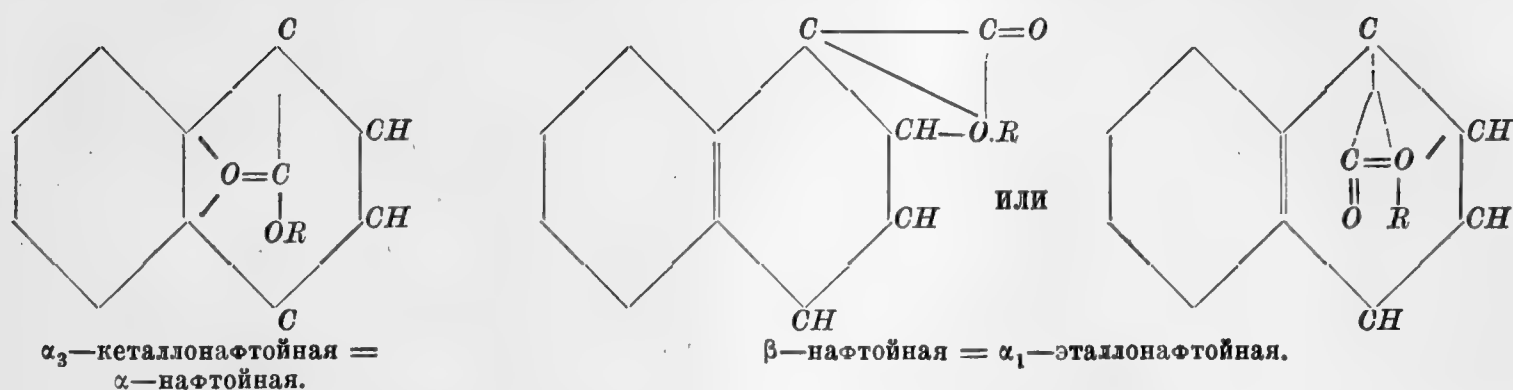
1) Не привожу случаевъ для α_2 и β_1 формъ, ихъ легко построить, почему это было бы простымъ повтореніемъ.

 β_3 —эталлоформа.

$$(MD) = 655.17$$

	<i>MD</i>	$(MD)_2$	Diff.	в %
α -НАФТОЙНЫЙ ЭТИЛЬ	659.52	655.17	—4.35	0.66
» АМИЛЬ	785.62	789.40	—5.22	0.66.

Т. о. оказывается, что изомерія α и β нафтойныхъ кислотъ имѣетъ себѣ объясненіе не въ томъ, что карбональная группа въ нихъ занимаетъ различное положеніе, а въ томъ, что при аллотропизаціи въ нихъ кислорода участвуютъ различныя двойныя связи между углеродными атомами: въ α -нафтойной кислотѣ — центральная, нафтолинно-этиленная, а въ β -нафтойной кислотѣ обыкновенная, изъ бензольнаго ядра, и т. о. мы знаемъ только два изъ двѣнадцати теоретически возможныхъ случаевъ, именно:

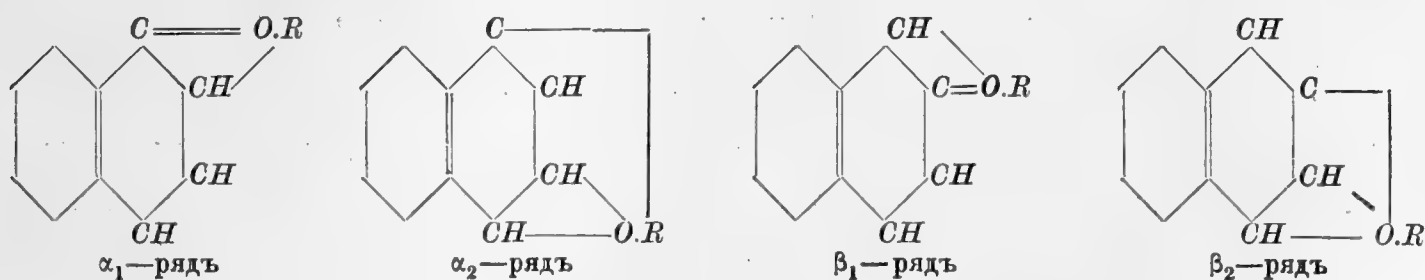


Приведенныя формулы являются конечно только предположительными: онѣ съ точностью указываютъ только взаимное отношеніе кислорода и двойныхъ связей между углеродными атомами, но не могутъ указать положенія карбоксильной группы, поэтому онѣ могутъ быть замѣнены соответствующими β -формами или такими, которыя показываютъ исчезновеніе двойной связи не между C_1 и C_2 , а между C_3 и C_4 . Рѣшить этотъ вопросъ могутъ конечно только спеціальныя изслѣдованія, въ особенности изученіе молекулярной плотности различныхъ эфировъ, замѣщенныхъ нафтойныхъ кислотъ, напр. галоидо и нитронафтойныхъ.

О строеніи нафтоксилацеталей $C_{10}H_6O.R^2 = C_{10}H_6OCH_2CH(OC_2H_5)_2$. Мы видѣли сейчасъ, что изомерія α и β нафтойныхъ кислотъ объясняется не различнымъ положеніемъ замѣщающей группы ($COOR$), а различіемъ двойныхъ связей, участвующихъ въ аллотропизаціи кислорода. Иное мы видимъ при нафтоксилацеталяхъ. Молекулярная плотность этихъ веществъ, найденная изъ опыта, оказывается также значительно отличающейся отъ вычисленной изъ ихъ формулы:

		MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
α -нафтоксилацетоль	$C_{18}H_{20}O_3$	758.93	892.40	860.00	+1.07	0.12
β -	—	860.47	—	—	—05.3	0.06

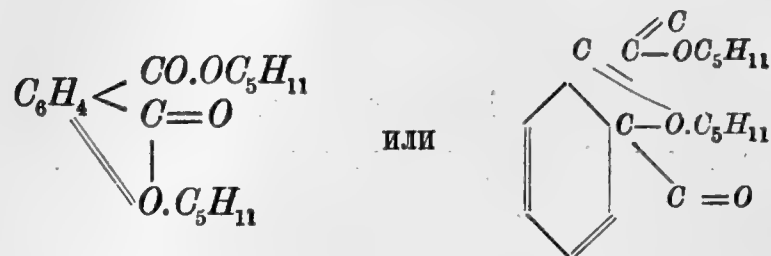
т. е. необходимо допустить, что въ этихъ веществахъ кислородъ находится въ четырехатомномъ состояніи, и тогда строеніе ихъ будетъ:



Всѣ эти четыре случая даютъ одинаковую величину молекулярной плотности $(MD)_2 = 860.00$, совершенно согласующуюся съ опытными данными, разница, какъ видно изъ таблицы, меньше 0.2%, при этомъ для обоихъ рядовъ α и β эта величина оказывается одинаково хорошо подходящей, что указываетъ на то, что оба ряда нафтоксилацеталей явля-

ются истинными изомерами положенія, т. е. отличаются между собой только различнымъ положеніемъ въ ядрѣ замѣщающей группы, а не различіемъ въ строеніи, какъ α и β нафтойныя кислоты. Но здѣсь предстоитъ будущимъ изслѣдованіямъ рѣшить вопросъ о той двойной связи, которая участвуетъ въ аллотропизаціи кислорода, т. е. будетъ таковая между C_1 и C_2 (α_1 и β_1 ряды) или между C_3 и C_4 (α_2 и β_2 ряды), во всякомъ случаѣ только не будетъ центральная, нафтолинно-этиленная, тогда бы получилась величина молекулярной плотности $= 879.34$, т. е. совершенно не согласная съ опытными данными, т. о. такихъ нафтоксиацеталей, которыя бы отвѣчали α -нафтойной кислотѣ, мы не знаемъ.

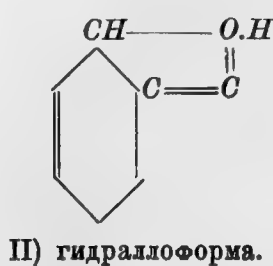
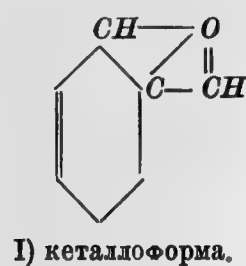
О строеніи фталевой кислоты. Фталевая кислота, представляющая продуктъ замѣщенія двухъ атомовъ водорода въ бензолѣ на карбоксильныя группы, изслѣдована въ видѣ амильнаго эфира $C_{18}H_{26}O_4$, при чемъ найденная изъ опытныхъ данныхъ величина молекулярной плотности $MD = 1088.87$ оказалась рѣзко разнящейся отъ вычисленной изъ формулы нашего эфира $C_6H_4(CO.OC_5H_{11})_2$, каковая $(MD)_1 = 1122.50$. Очевидно и здѣсь мы имѣемъ дѣло съ аллотропизаціей кислорода, полагая, что таковой подвергся одинъ атомъ этого элемента, получимъ для эталлоформы $(MD)_2 = 1089.59$, что составляетъ разницу съ опытной величиной только на $0.72 = 0.07\%$, т. о. строеніе этого эфира будетъ:



Слѣдов. въ немъ подвергся аллотропизаціи только одинъ изъ эфирныхъ атомовъ кислорода въ одной карбоксильной группѣ, другая же осталась неизмѣнившейся, т. е. аллотропизація кислорода имѣла частичный характеръ. Подобные же случаи неполной аллотропизаціи этого элемента встрѣчаются весьма часто, и наиболее характерной въ этомъ отношеніи является группа соединений, примыкающихъ къ бензойному альдегиду, къ которой мы и перейдемъ.

О строеніи соединений группы бензойнаго альдегида и бензойной кислоты. Бензойный альдегидъ C_7H_6O имѣетъ молекулярную плотность $MD = 349.74$, изъ его же формулы $C_6H_5C \leq \frac{O}{H}$ вычисляется таковая $(MD)_1 = 359.00$, т. е. значительно большей величины, такъ что необходимо допустить, что строеніе этого вещества не то, какое ему придается обычно. Простѣйшимъ объясненіемъ замѣченной разницы конечно могло бы служить предположеніе, что мы имѣемъ здѣсь дѣло съ энольной формой, которая даетъ величину $(MD) = 348.36$, т. е. совершенно согласную съ опытными данными, но допустить здѣсь образованіе энла болѣе чѣмъ трудно: для этого нѣтъ вблизи подходящаго атома водорода; тотъ, который находится рядомъ съ кислородомъ въ группѣ $C \leq \frac{O}{H}$, конечно могъ бы принять участіе въ энолизациі, но тогда бы пришлось принять, что строеніе бензойнаго альдегида

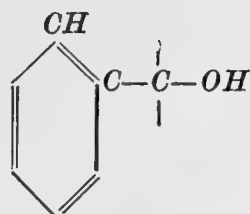
будеть $C_6H_5 - \overset{\overset{|}{\text{O}}}{\underset{\underset{|}{\text{H}}}{\text{C}}} - OH$, т. е. въ немъ будетъ находится атомъ кислорода, имѣющій двѣ единицы сродства или аллотропизованный въ двухатомное видоизмѣненіе. Полное отсутствіе такихъ случаевъ заставляетъ отвергнуть подобную возможность и обратиться къ предположенію, что мы имѣемъ здѣсь дѣло съ аллотропизаціей кислорода. Таковая въ бензойномъ альдегидѣ можетъ идти на счетъ двойной связи углеродныхъ атомовъ въ бензольномъ ядрѣ, при чемъ могутъ быть получены два случая



Въ первомъ случаѣ находимъ $(MD) = 317.0$, а во второмъ $= 334.82$; оба числа являются очевидно не согласующимися съ опытной величиной молекулярной плотности бензойнаго альдегида: они меньше ея, но, всматриваясь въ величину этихъ чиселъ, легко замѣтить, что опытная величина находится на половинѣ между одной изъ нихъ и нормальной величиной, съ каковой вычисляется молекулярная плотность этого вещества изъ его формулы. Въ самомъ дѣлѣ:

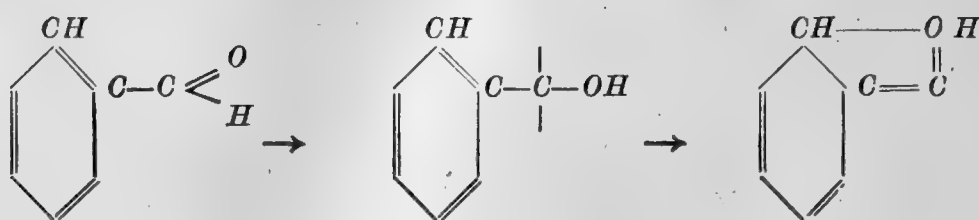
$$\begin{array}{r} (MD)_1 = 359.00 \\ + 334.82 \\ \hline \text{среднее} = 346.91 \end{array}$$

т. е. получается величина, хорошо согласующаяся съ опытной, разниа составляетъ 0.81%. Т. о. бензойный альдегидъ представляетъ смѣсь нормальной частицы съ аллоформой, при томъ съ гидраллоформой. Это послѣднее обстоятельство весьма замѣчательно, т. е. что здѣсь образуется не кеталлоформа, а гидраллоформа, и вотъ почему: при бензойномъ альдегидѣ мы всего скорѣе должны были бы ожидать не аллотропизаціи кислорода, а только энолизаціи послѣдняго¹⁾, т. е. строеніе бензойнаго альдегида должно было бы быть



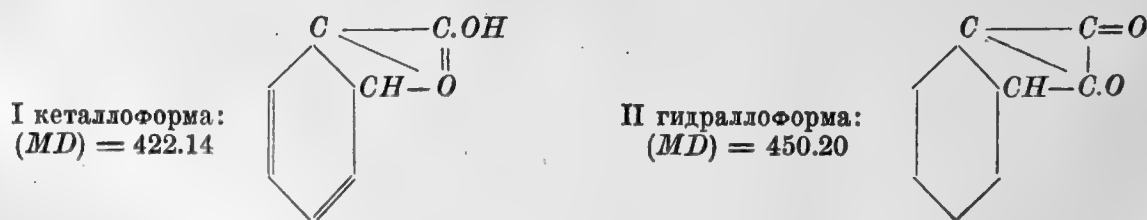
1) Благодаря присутствію въ немъ замкнутой группировки углеродныхъ атомовъ, вообще препятствующей или замедляющей аллотропизацію кислорода, о чемъ уже было говорено выше, при обзорѣ кислотъ и ихъ эфировъ, что подробнѣе увидимъ еще дальше.

но неспособность углерода къ существованію въ двухатомномъ состояніи ведетъ къ тому, что при образованіи энольной формы бензойнаго альдегида происходитъ тотчасъ аллотропія кислорода, уничтоженіе одной двойной связи между углеродными атомами въ бензольномъ ядрѣ и образованіе гидраллоформы:



Совершенно такое же явленіе мы замѣчаемъ и въ ближайшемъ гомологѣ бензойнаго альдегида, альдегидѣ куминовомъ $C_{10}H_{12}O$, для котораго $MD = 468.24$ и $(MD)_1 = 483.90$. При аллотропіи въ немъ кислорода $(MD) = 442.30$ (I) и 459.72 (II). Очевидно, что и здѣсь имѣется смѣсь нормальной и гидраллоформы: $483.90 + 459.72 = 2.476.81$, что даетъ разницу съ опытной величиной на 0.78% .

Гомологи бензойнаго альдегида, какъ извѣстно, получаютъ двумя путями: замѣщеніемъ водорода въ бензольномъ ядрѣ на сложныя углеводородныя группы и удлиненіемъ боковой цѣпи. Куминовой альдегидъ принадлежитъ къ числу гомологовъ перваго рода, ко второму же относится фенилуксусный альдегидъ $C_8H_8O = C_6H_5CH_2 \cdot C \begin{smallmatrix} O \\ // \\ H \end{smallmatrix}$. Для этого вещества опытная величина молекулярной плотности $MD = 402.45$, вычисленная же изъ приведенной формулы $(MD)_1 = 400.64$, т. е. совершенно согласная съ опытной, разница $= 0.45\%$. Очевидно, что здѣсь имѣется то явленіе, которое мы уже видѣли при эфирахъ гидрокоричной и фенилуксусной кислотъ: удаленіе могущаго аллотропироваться атома кислорода отъ мѣста двойной связи между углеродными атомами препятствуетъ процессу аллотропизаціи, что мы увидимъ еще не разъ, а теперь обратимся къ ближайшему производному бензойнаго альдегида — къ бензойной кислотѣ, изслѣдованной въ свободномъ состояніи (въ расплавленномъ видѣ), въ бензольномъ растворѣ и въ видѣ метильнаго и этильнаго эфировъ. Изъ растворовъ въ бензолѣ¹⁾ вычисляется для бензойной кислоты $MD = 425.85$, а изъ обычной же формулы этого вещества находимъ $(MD)_1 = 463.74$, т. е. имѣемъ дѣло съ аллотропизаціей кислорода, которая и здѣсь, какъ при бензойномъ альдегидѣ, даетъ два случая:



1) Канонниковъ.

Очевидно, бензойной кислотѣ въ растворѣ отвѣчаетъ первый случай, разница съ опытной величиной составляетъ 0.88%. Въ однородномъ же, расплавленномъ состояніи, бензойная кислота оказывается имѣеть гораздо большую величину молекулярной плотности $MD = 442.26$ и представляетъ т. о. въ этомъ видѣ смѣсь нормальной и кеталлоформы (I): $463.74 + 422.14 = 2.442.94$, разница всего $= 0.13\%$. То же самое видимъ при гомологахъ бензойной кислоты орто и метатолуиловыхъ кислотахъ, которыя также представляютъ смѣсь нормальной и кеталлоформы

	MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Ортотолуиловая кислота $C_8H_8O_2$	481.29	505.38	463.78	+3.24	0.67
Мета " "	480.10	—	—	+4.43	0.90.

Величины (MD) вычислены для гидраллоформы. Въ тѣхъ же гомологахъ бензойной кислоты, которые получаются удлинениемъ боковой цѣпи, какъ-то кислоты фенилуксусная, фенилпропионовая и фенилвалериановая, аллотропизація кислорода уже нѣтъ, они представляютъ, какъ мы видѣли выше, простые энолы нормального строения, т. е. здѣсь наблюдается то же самое, что и при гомологахъ бензойнаго альдегида, получающихся удлинениемъ боковой цѣпи.

Для эфировъ бензойной кислоты, изъ числа которыхъ изслѣдованы метильный и этильный, получено

	MD	$(MD)_1$
Бензойный метиль $C_8H_8O_2$	487.83	501.52
" этиль $C_9H_{10}O_2$	528.72	543.15

т. е. и въ нихъ кислородъ является четырехатомнымъ. Для ихъ кеталлоформы мы находимъ (MD) $= 456.04$ и 497.67 , а для эталлоформы 468.62 и 510.25 , т. е. величины слишкомъ малыя, указывающія на то, что здѣсь мы имѣемъ дѣло съ тѣмъ же явлениемъ, какъ при бензойныхъ альдегидахъ и кислотахъ, т. е. со смѣсью нормальной и эталлоформы, для каковой получимъ:

	CH_3 -эфиръ.	C_2H_5 -эфиръ.
Нормальная форма	501.52	543.15
Кеталлоформа	468.62	510.25
Среднее $=$	485.07	526.70.

разница съ опытными величинами будетъ 0.56 и 0.88%¹⁾.

1) Вполнѣ возможно впрочемъ, что аллотропія кислорода въ бензойныхъ эфирахъ идетъ нѣсколько инымъ путемъ и образуется не смѣсь нормальной и эталлоформы, а гидраллоформа, образуемая въ силу энוליзаціи эфирнаго кислорода, каковая ведетъ къ превращенію кислорода въ четырехатомное состояніе: $C_6H_5.CO.O.C_6H_5 \rightarrow C_6H_5.CO-OH=CH_2$. Вычисляя таковую изъ формулы, найдемъ для

	MD	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Бензойнометильнаго эфира	487.83	486.04	-1.79	0.37
" этильнаго "	528.72	527.67	-1.05	0.20

Возможность подобной энוליзаціи въ послѣдствіи мы встрѣтимъ не разъ. Имѣетъ ли она мѣсто въ бензойныхъ эфирахъ, рѣшить могутъ только спеціальныя изслѣдованія этихъ веществъ при высокой t° и въ растворахъ.

Интересно, что структурные изомеры бензойно-этильного эфира, эфиры уксусно-бензильный $C_6H_5.CH_2.O.CO.CH_3$ и уксусно-крезильный $C_7H_7.O.CO.CH_3$ оказываются имѣющими величину молекулярной плотности весьма отличающуюся, для нихъ найдено изъ опытныхъ данныхъ:

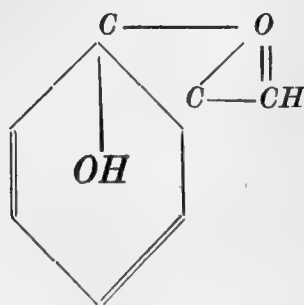
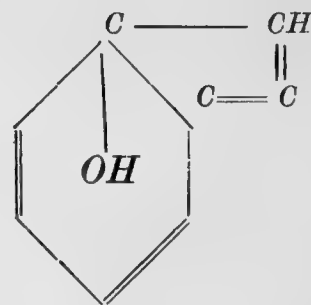
	MD	$(MD)_1$
Уксуснобензильный эфиръ	509.67	543.15
Уксуснокрезильный »	536.26	—
Бензойноэтильный »	528.72	—

Изъ этихъ данныхъ явствуетъ, что уксусный бензиль содержитъ четырехатомный кислородъ и представляетъ эталлоформу $\begin{array}{c} C_6H_5 \cdot CH_2 \\ | \\ O \cdot CO \cdot CH_3 \end{array}$, требующую $(MD)_2 = 510.25$, что

дастъ разницу $= 0,01\%$, кеталлоформѣ $\begin{array}{c} C_6H_5 \cdot CH_2 \quad O \\ \diagdown \quad | \\ O = C \cdot CH_3 \end{array}$ отвѣчаетъ величина $(MD) = 497.07$,

т. е. совершенно не отвѣчающая опытнымъ даннымъ. Въ свою очередь уксусный крезиль показываетъ обратное явленіе: величина его молекулярной плотности такова, что совершенно не допускаетъ присутствія въ немъ аллотропированнаго кислорода, онъ представляетъ простой энолъ нормальной формы, для котораго $(MD)_2 = 532.51$, что даетъ разницу съ опытной величиной всего въ 0.70% . Энוליзація кислорода въ этомъ соединеніи очевидно происходитъ на счетъ водорода метильной группы въ уксусной кислотѣ и строеніе его будетъ $C_7H_7.O.C(OH) = CH_3$.

Въ близкомъ отношеніи къ бензойному альдегиду находится салициловый альдегидъ $C_7H_6O_2$, являясь его оксипроизводнымъ. Для него $MD = 430.81$ и $(MD)_1 = 467.15$, очевидно изъ чего, что кислородъ находится въ этомъ веществѣ въ аллотропированномъ состояніи. Принимая, что этотъ процессъ распространился только на одинъ атомъ кислорода, именно карбонильный, найдемъ два случая строенія, подобно бензойному альдегиду:

кеталлоформа $(MD) = 422.14$.гидраллоформа $(MD) = 439.56$.

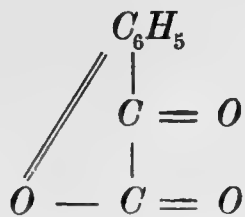
Здѣсь очевидно аллотропизація кислорода пошла по двумъ направлениямъ, и мы имѣемъ смѣсь обѣихъ аллоформъ, для каковой находимъ $(MD)_2 = 430.85$, что даетъ разницу съ опытной величиной всего $0.04 = 0.009\%$. Въ производныхъ салициловаго альдегида метасалициловой кислотѣ $C_8H_6O_3$ и ея этильномъ эфирѣ мы видимъ также явленіе полной алло-

тропизаціи кислорода. Для самой метасалициловой кислоты $C_6H_4 < \frac{OCH_3}{COOH}$ находимъ изъ опытныхъ данныхъ величину молекулярной плотности $MD = 576.88$ и $(MD)_1 = 606.28$. Аллотропіи здѣсь могутъ подвергаться три атома кислорода, изъ которыхъ карбонильный даетъ $(MD) = 560.78$ (кеталлоформа), гидраллоформа даетъ 588.84 (кислородъ водяного остатка карбоксильной группы), среднее изъ обѣихъ величинъ будетъ $= 574.81$, т. е. какъ разъ отвѣчаетъ найденной изъ опытныхъ данныхъ, разница $= 0.36\%$, т. е. здѣсь мы имѣемъ то же явленіе, какъ и при салицилованъ альдегидѣ. Этильный же эфиръ метасалициловой кислоты $C_6H_4 < \frac{OCH_3}{CO.OC_2H_5}$ представляетъ чистую эталлоформу; для него $MD = 653.56$, а для эталлоформы вычисляемъ $(MD)_2 = 648.88$, что составляетъ разницу въ 0.70% . Кеталлоформа требуетъ $(MD) = 636.30$, т. е. величины совершенно не отвѣчающей опытной. Изомерный метасалициловому этилу этильный эфиръ анисовой кислоты наоборотъ представляетъ именно эту кеталлоформу. Для него $MD = 641.75$, что даетъ разницу съ вычисленной величиной въ 0.84% .

О строеніи бензоилмуравейной и бензоилформилмукусной кислотъ и α и β -формил-фенилмукусныхъ эфировъ. Оба первыхъ вещества изслѣдованы въ видѣ своихъ эфировъ, при чемъ получено

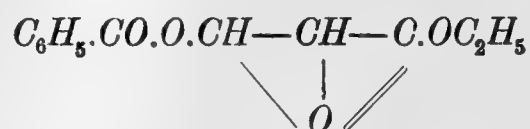
		MD	$(MD)_1$
Бензоилмуравейный этиль	$C_{11}H_{10}O_3$	658.04	692.43
Бензоилформилмуравейный этиль	$C_{12}H_{12}O_4$	810.35	864.96

Большая разница между величинами показываетъ на то, что кислородъ въ этихъ соединеніяхъ находится въ четырехатомномъ состояніи. Изъ формулы бензоилмуравейнаго эфира $C_6H_5.CO.COOC_2H_5$ видно, что аллотропіи можетъ подвергаться какъ карбонильный кислородъ въ группахъ бензоильной и карбоксильной, такъ и эфирный кислородъ послѣдней. Въ первомъ случаѣ вычисленныя величины молекулярной плотности будутъ одинаковы и $= 646.95$, т. е. не отвѣчающими найденной изъ опыта, во второмъ же случаѣ находимъ $(MD)_2 = 659.53$, т. е. величину, совершенно согласующуюся съ опытной, разница всего 0.22% . Т. о. бензоилмуравейный этиль имѣетъ эталлоформу и слѣдовательно строеніе его будетъ



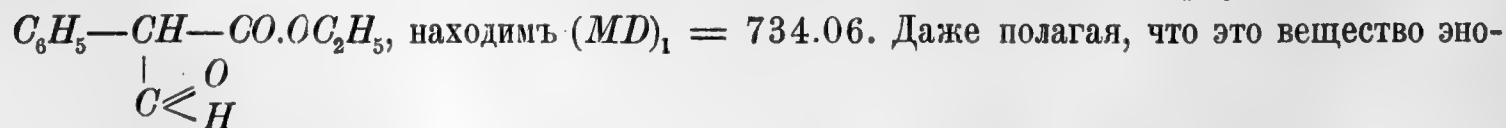
т. е. при аллотропизаціи въ немъ кислорода въ процессѣ участвуетъ эфирный атомъ этого элемента въ карбоксильной группѣ, хотя ближе къ мѣсту двойной связи углеродныхъ атомовъ находится карбонильный кислородъ бензоильной группы, но, сколько можно судить по имѣющимся даннымъ, съ наибольшей легкостью аллотропируется именно эфирный кисло-

родъ, т. е. образуется эталлоформа, и только тамъ, гдѣ карбоксильная группа очень удалена отъ мѣста двойной связи аллотропіи подвергается первый ближайшій атомъ кислорода, хотя бы то былъ карбонильный. Это напр. мы видимъ при бензоилформилуксусномъ этилѣ. Изъ обычной формулы этого вещества $C_6H_5.CO.O.CH=CH.CO.OC_2H_5$ мы видимъ, что аллотропія кислорода можетъ идти самымъ разнообразнымъ путемъ; при аллотропіи, напр., эфирнаго кислорода получается два случая, смотря по тому, гдѣ будетъ нарушена двойная связь углеродныхъ атомовъ: въ бензольномъ ядрѣ или боковой цѣпи; оба такіе же случая впрочемъ даютъ одну и ту же величину $(MD) = 832.06$, много большую опытной. Аллотропія затѣмъ можетъ подвергнуться карбонильный кислородъ, что даетъ $(MD) = 819.48$ — величину тоже большую опытной, но здѣсь мы можемъ имѣть дѣло еще и съ энолъформой, которая требуетъ $(MD)_2 = 808.84$ — величины, совершенно согласующейся съ полученной изъ опытныхъ данныхъ, разница всего 0.3%. Это обстоятельство раскрываетъ намъ механизмъ аллотропизаціи кислорода въ этомъ веществѣ. Въ самомъ дѣлѣ, если таковая идетъ на счетъ карбонильнаго кислорода карбоксильной группы и ближайшей къ ней двойной связи углеродныхъ атомовъ, то строеніе бензоилформилуксуснаго эфира будетъ:

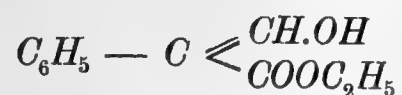


при такомъ строеніи ясно, что энוליзація кислорода въ такомъ веществѣ произойти не можетъ, по отсутствію для этого подходящаго атома водорода; молекулярная плотность здѣсь будетъ $= 819.48$. Если же мы допустимъ, что аллотропіи подвергся карбонильный кислородъ не карбоксильной, а бензоильной группы, то получимъ вещество со строеніемъ $C_6H_5.C.O.CH=CH.CO.OC_2H_5$, также требующимъ величины молекулярной плотности $= 819.48$, но здѣсь очевидно, что можетъ образоваться энолъ на счетъ карбоксильнаго кислорода и близлежащаго атома водорода, тогда получимъ для нашего вещества формулу: $C_6H_5-C.O.CH=C \begin{matrix} \swarrow OH \\ \searrow OC_2H_5 \end{matrix}$, по которой $(MD)_2 = 808.84$, т. е. получается величина согласная съ опытной, разница 0,18%.

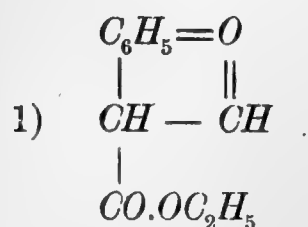
Подобное же явленіе мы замѣчаемъ при формилфенилуксусномъ этилѣ $C_{11}H_{12}O_3$, который извѣстенъ въ двухъ изомерныхъ формахъ α и β , отличающихся другъ отъ друга по своей точкѣ плавленія. Первое, α -видоизмѣненіе плавится легко и было изслѣдовано въ однородномъ состояніи, второе же β -форма только въ растворахъ. Для α -формилфенилуксуснаго эфира получено изъ опытныхъ данныхъ $MD = 689.06$, вычисляя же изъ формулы



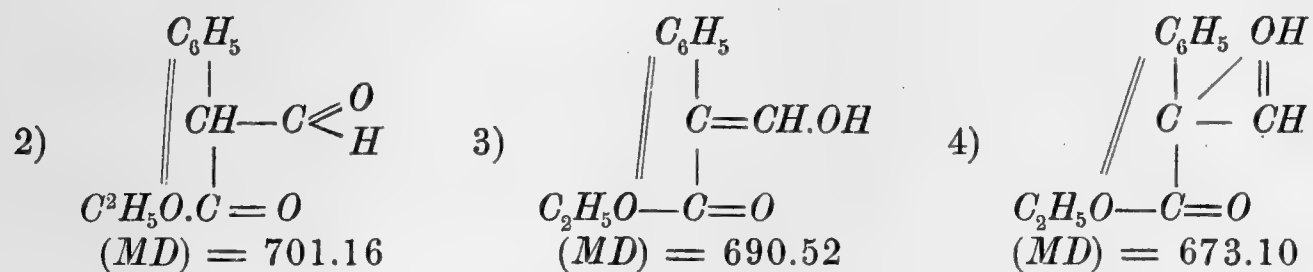
лизировано напр. на счетъ альдегиднаго кислорода, т. е. имѣетъ строеніе:



все же получаемъ слишкомъ высокую величину $= 723.42$. Очевидно, что въ этомъ веществѣ мы также имѣемъ дѣло съ аллотропизаціей кислорода. Последняя можетъ идти разн¹⁾: если процессъ пойдетъ на счетъ кислорода альдегидной группы, то получится вещество со строеніемъ

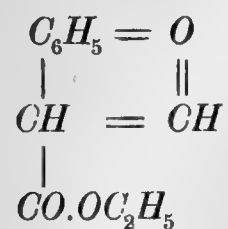


что даетъ $(MD)_2 = 688.58$, т. е. величину совершенно согласную съ полученной изъ опытныхъ данныхъ, разница отвѣчаетъ только 0.07% . Но кромѣ этого случая возможны еще такіе, которые получаются въ случаѣ аллотропизаціи эфирнаго кислорода въ карбоксильной группѣ, именно

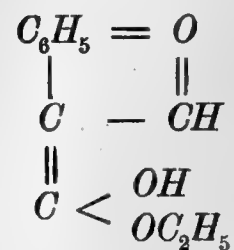


въ нихъ случай № 3 представляетъ энольную форму № 2-го, а № 4 его гидраллоформу. Изъ приведенныхъ выше величинъ молекулярной плотности видно, что № 3 также хорошо согласуется съ опытными данными, разница всего 0.2% , но изученіе молекулярной плотности α -формилфенилуксуснаго эфира въ разныхъ растворахъ показываетъ несомнѣнно, что ему должна принадлежать формула № 1. Такъ изъ свѣже приготовленнаго раствора въ хлороформѣ вычисляется для этого вещества $MD = 684.44$, а изъ того же раствора, но послѣ стоянія его въ теченіе долгаго времени, уже 678.75 , т. е. съ теченіемъ времени произошло значительное уменьшеніе величины молекулярной плотности, и взглядъ на формулы 1 и 3 объясняетъ какъ шло дѣло: очевидно, что изъ первой можетъ еще образоваться энольная форма, т. е. дальнѣйшее уменьшеніе величины молекулярной плотности, а во второй, т. е. изъ № 3, таковой получиться не можетъ, откуда неизбежно слѣдуетъ, что α -формилфенилуксусный эфиръ дѣйствительно имѣетъ строеніе, выражаемое формулой

1) Мы будемъ принимать во вниманіе дальше только | совершенно не подходящія.
случаи эталлоформъ. Кеталлоформы дають величины



каковое и сохраняетъ въ свѣже приготовленномъ хлороформенномъ растворѣ, послѣ долгаго же стоянія въ таковомъ переходятъ въ энолъ

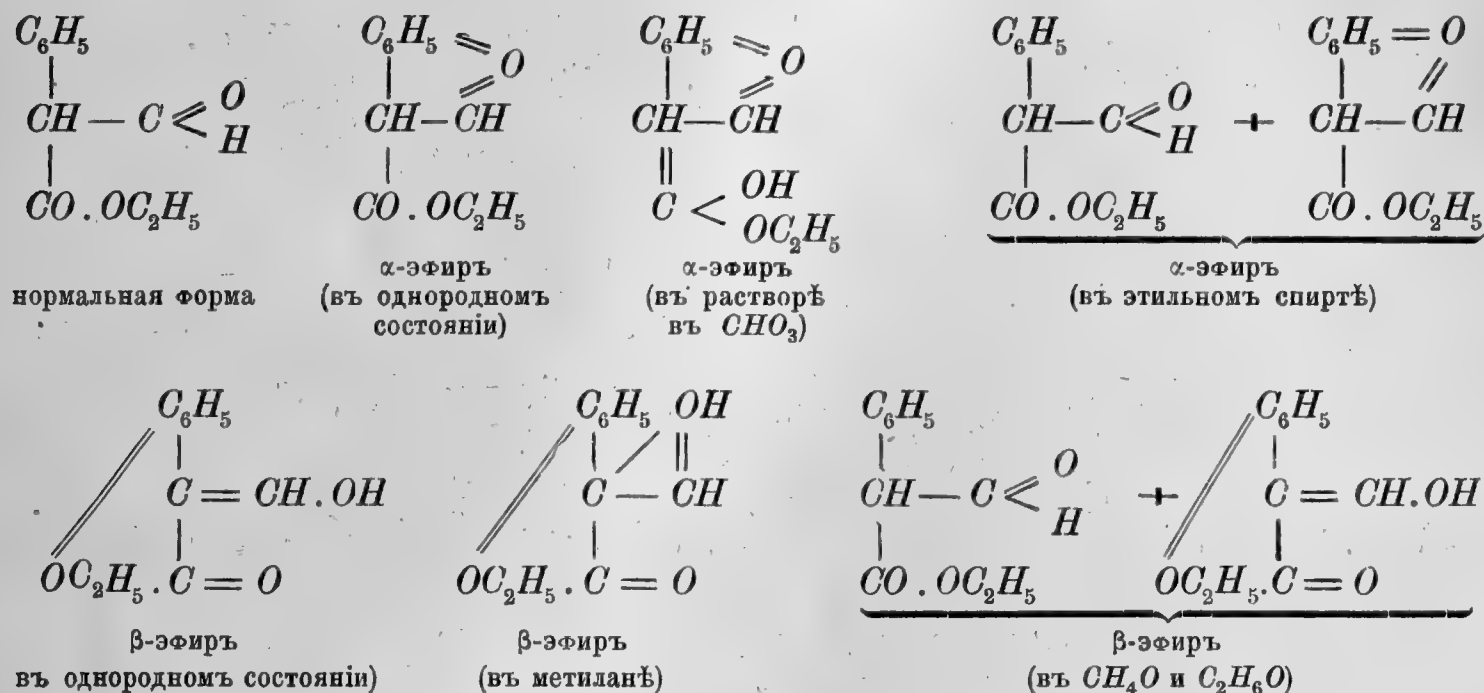


такая формула требуетъ $(MD) = 677.94$, т. е. отличается отъ опытной величины $= 678.75$ только на 0.12% . Въ другихъ растворителяхъ дѣло обстоитъ иначе. Такъ изъ раствора въ этильномъ спиртѣ послѣ долгаго стоянія получается величина $MD = 711.14$, прямо не согласующаяся съ одной изъ вышеприведенныхъ для α -формилфенилуксуснаго эфира, но легко видѣть, что она представляетъ среднее изъ суммы для нормального строенія и аллоформы № 1: $734.06 + 688.58 = 2.711.32$, что составляетъ разницу въ 0.01% . Т. о. въ спиртовомъ растворѣ послѣ долгаго стоянія послѣдняго также имѣется смѣсь нормального вещества съ аллоформой. Каково же теперь спрашивается должно быть строеніе β -формилфенилуксуснаго эфира, считаемаго за стереоизомеръ α -эфира? Онъ изслѣдованъ только въ растворахъ, но изъ этихъ данныхъ можно вывести совершенно опредѣленное за-

ключеніе о его строеніи, именно, что ему принадлежитъ формула № 3 $\begin{array}{c} C_6H_5 \\ \parallel \\ C = CH.OH \\ | \\ O.C_2H_5.C = O \end{array}$, т. е.

что онъ представляетъ энолъ эталлоформы, для которой $(MD) = 690.52$. Къ этому насъ приводятъ слѣдующія соображенія: изъ растворовъ этого вещества въ этильномъ спиртѣ и метильномъ получаются величины $MD = 711.93$ (изъ перваго) и 711.50 (изъ втораго), представляющія среднее изъ величинъ для нормального строенія и энла эталлоформы: $734.06 + 690.52 = 2.712.29$, правда, что близкая величина получится и въ томъ случаѣ, когда вмѣсто энла эталлоформы предположимъ, что β -формилфенилуксусному эфиру принадлежитъ также формула, какъ и α -эфиру, но изслѣдованіе β -эфира въ метилолѣ не допускаетъ этого. Въ послѣднемъ случаѣ получается для раствореннаго вещества $MD = 682.65$, представляющая среднее изъ формулъ № 3 и 4: $690.52 + 673.10 = 2.681.81$, что даетъ разницу въ 0.13% , но вещество со строеніемъ № 4 можетъ получиться только изъ формулы № 3, но отнюдь не изъ № 1, который и представляетъ строеніе α -эфира. Т. о.

β -эфиръ имѣетъ несомнѣнно формулу $\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 \\ \diagup \\ \text{C} = \text{CH.OH} \\ | \\ \text{OC}_2\text{H}_5 - \text{C} = \text{O} \end{array}$. Всѣ эти отношенія могутъ быть изображены такъ:



О строеніи соединений группы анетолы и эйгенолы. До сихъ поръ мы разсматривали главнымъ образомъ тѣ случаи аллотропіи кислорода, гдѣ таковой подвергается одинъ атомъ этого элемента, входящій въ составъ карбоксильной группы. Не меньшій интересъ представляютъ однако и тѣ случаи, гдѣ аллотропируется кислородъ алкогольный. Весьма поучительнымъ въ этомъ отношеніи является группа тѣлъ, примыкающихъ къ анетолу и эйгенолу. Анетоль $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}$, какъ извѣстно, есть метильный эфиръ аллилфенола $\text{C}_3\text{H}_5 . \text{C}_6\text{H}_4 . \text{O} . \text{CH}_3$, принадлежащій къ пара ряду, съ нимъ изомеренъ аллилпаракрезиловый эфиръ $\text{C}_7\text{H}_7 . \text{O} . \text{C}_3\text{H}_5$, почему можно было бы думать, что оба вещества будутъ имѣть одинаковую величину молекулярной плотности, но изъ опытныхъ данныхъ оказывается, что таковая для нихъ весьма различна. Для анетолы она = 454.62 (изъ анизола) и 454.31 (изъ метилшавиколы), между тѣмъ для аллилпаракрезиловаго эфира величина ея много больше: $MD = 471.15$, т. е. совершенно отвѣчаетъ вычисленной изъ формулы, послѣдняя $(MD)_1 = 469.40$, т. е. разница съ опытной = 0.37%. Очевидно, что анетоль представляетъ особенности въ своемъ строеніи, несомнѣнно зависящія отъ перехода въ немъ кислорода въ четырехатомное состояніе. Анетоль, какъ сказано, есть метильный эфиръ парааллилфенола, послѣднее вещество извѣстно и изслѣдовано подъ именемъ шавиколы $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}$ и для него изъ опытныхъ величинъ найдено $MD = 438.43$, что хорошо согласуется съ вычисленной для этого вещества изъ формулы величиной $(MD)_1 = 435.37$, разница 0.70%. Кромѣ парааллилфенола, т. е. шавиколы, извѣстенъ и его метильный эфиръ — метилшавиколь, который долженъ былъ бы быть тождественнымъ съ анетоломъ, но на самомъ дѣлѣ отличается отъ такового по всѣмъ

свойствамъ, молекулярная плотность его $MD = 471.89$, также отличается отъ найденной для анетолъ, но зато совершенно совпадаетъ съ той, которая была опредѣлена для аллипаракрезильнаго эфира, и той, какая вычисляется изъ ихъ общей формулы $C_{10}H_{12}O$, т. е. 469.40, разница для метилшавикола $= 0.53\%$. Кромѣ метилшавикола извѣстенъ еще эфиръ парааллилфенола-этилшавиколь $C_{11}H_{14}O$, а также имѣющій нормальную величину молекулярной плотности, для него $MD = 513.80$ и $(MD)_1 = 516.83$, разница 0.59% . Всѣ эти факты согласно указываютъ на то, что анетолъ имѣетъ строеніе, отличное отъ своихъ изомеровъ, при чемъ малая величина молекулярной плотности, сравнительно съ теоретически вычисленной, указываетъ на присутствіе въ немъ аллотропированнаго кислорода.

Аллотропія кислорода здѣсь можетъ совершаться двояко: или на счетъ двойной связи между углеродными атомами и путемъ энолизаціи эфирнаго кислорода.

Тогда получимъ два случая строенія:



Вычисляя молекулярную плотность по этимъ формуламъ, находимъ въ первомъ случаѣ $(MD) = 436.50$, т. е. величину много меньшую, чѣмъ получается изъ опытныхъ данныхъ, а во второмъ $(MD)_2$ будетъ $= 453.95$, т. е. какъ разъ величина, отвѣчающая опытной, разница $= 0.34\%$ и мы т. о. находимъ полное объясненіе изомеріи анетолъ съ аллипаракрезильнымъ эфиромъ и метилшавиколомъ: въ немъ аллотропированъ кислородъ, чрезъ посредство его энолизаціи. Такой случай не есть единственный, онъ встрѣчается и въ жирномъ ряду и такое же явленіе мы находимъ у производныхъ діоксибензоловъ. Изъ числа послѣднихъ изслѣдованы метильные эфиры резорцина и пирокатехина: гваяколь $C_6H_4 < \begin{matrix} OCH_3 \\ OH \end{matrix} \begin{matrix} (1) \\ (2) \end{matrix}$, метилгваяколь (веразроль) $C_6H_4 < \begin{matrix} OCH_3 \\ OCH_3 \end{matrix} \begin{matrix} (1) \\ (2) \end{matrix}$, диметилрезорциноль $C_6H_4 < \begin{matrix} OCH_3 \\ OCH_3 \end{matrix} \begin{matrix} (1) \\ (3) \end{matrix}$, этилгваяколь $C_6H_4 < \begin{matrix} OCH_3 \\ OC_2H_5 \end{matrix} \begin{matrix} (1) \\ (2) \end{matrix}$ и цетилгваяколь $C_{23}H_{40}O$, при чемъ получено:

	MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Гваяколь	443.57	456.98	441.50	—2.07	0.47
Метилгваяколь	479.57	490.84	475.36	—4.21	0.88
Диметилрезорциноль	479.60	—	—	—4.24	0.89
Этилгваяколь	520.40	532.50	517.02	—3.38	0.65
Цетилгваяколь	1009.89	1115.59	1084.43	—5.46	0.50.

Какъ видно изъ большей разницы между опытными MD и вычисленными $(MD)_1$ по формулѣ величинами молекулярной плотности, здѣсь мы также имѣемъ дѣло съ аллотропіей

кислорода; полагая, что таковая пошла по типу анетолъ, мы находимъ величины $(MD)_2$, хорошо согласующіяся съ опытными, тогда какъ считая, что въ аллотропизаціи принимала участіе двойная связь между углеродными атомами, мы получили бы величины, мало отвѣчающія тѣмъ, которыя даются опытомъ, такъ для гваякола таковая была бы 424.08 и т. д. Интересно, что въ наиболѣе сложномъ изъ этихъ тѣлъ: цетилгваяколѣ аллотропизаціи подверглись уже оба атома кислорода.

Метилгваяколъ является полнымъ эфиромъ пирокатехина: при замѣщеніи въ послѣднемъ одного атома водорода въ бензольномъ ядрѣ на группу C_3H_5 , получается алипирокатехинъ, извѣстный и изслѣдованный въ видѣ своихъ эфировъ перваго и втораго замѣщенія.

Къ числу первыхъ относится монометильный эфиръ C_6H_3 $\begin{cases} OH & (1) \\ OCH_3 & (2) \\ C_3H_5 & (3) \end{cases}$, извѣстный въ трехъ

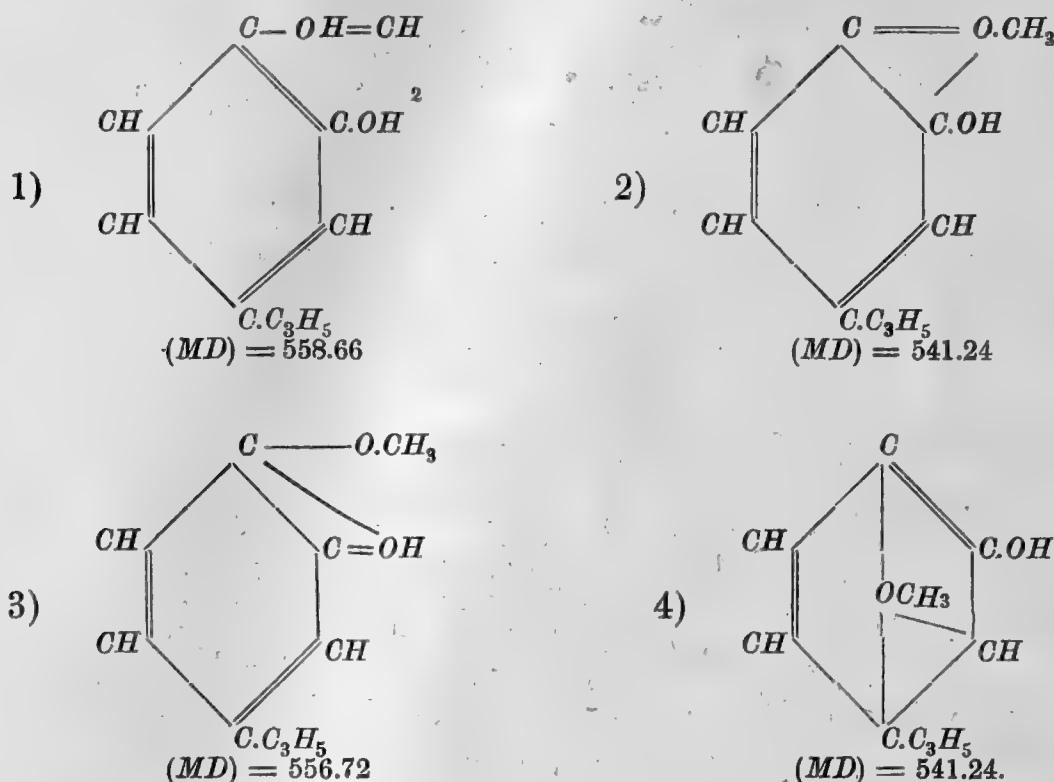
изомерныхъ формахъ: какъ эйгенолъ, изоэйгенолъ и шавибетолъ; ко вторымъ относятся метильные, этильные и амильные эфиры этихъ послѣднихъ. Для нихъ изъ опытныхъ данныхъ получено

		MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Эйгенолъ	$C_{10}H_{12}O_2$	555.73	574.14	556.72	—0.99	0.17
Шавибетолъ	—	556.92	—	—	—0.20	0.03
Изоэйгенолъ	—	546.39	—	541.24 (546.62)	—5.15(+0.23)	0.92(0.04)
Метилэйгенолъ	$C_{16}H_{14}O_2$	593.04	622.53	589.31	—5.73	0.62
Метилизоэйгенолъ	—	575.58	—	575.13	—0.45	0.08
Этилэйгенолъ	$C_{12}H_{16}O_2$	634.50	664.17	630.95	—3.55	0.56
Этилшавибетолъ	—	652.94	662.53	—	—1.99	0.31
Этилизоэйгенолъ	—	619.29	—	616.77	—2.52	0.40
Этилизошавибетолъ	—	616.53	—	—	+0.24	0.03
Амилэйгенолъ	$C_{15}H_{22}O_2$	757.62	789.07	755.85	—1.77	0.23.

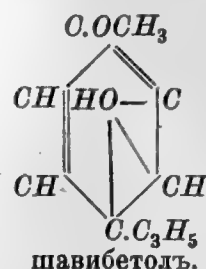
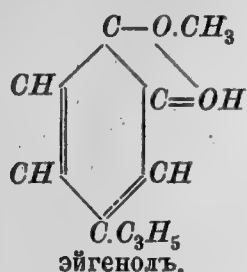
Съ перваго взгляда на эту таблицу видно, что по величинѣ своей молекулярной плотности эти вещества распадаются на двѣ большія группы: къ одной изъ нихъ принадлежатъ производныя эйгенола и шавибетолъ, а къ другой производныя изоэйгенола и изошавибетолъ; члены той и другой имѣютъ одну и ту же (въ предѣлахъ точности) величину молекулярной плотности, но отличаются по таковой весьма значительно отъ членовъ второй группы. Очевидно, члены каждаго ряда являются между собою простыми изомерами и отличаются по строенію отъ соотвѣствующихъ членовъ другого ряда.

Большая разница въ величинахъ молекулярной плотности опытной и вычисленной изъ формулы для тѣхъ и другихъ указываетъ на то, что во всѣхъ въ нихъ кислородъ аллотропированъ. Этотъ процессъ здѣсь, подобно анетолу, можетъ идти разнымъ путемъ: 1) чрезъ энолизацию эфирнаго кислорода, 2) чрезъ посредство двойной связи между углеродными атомами, 3) для содержащихъ водяной остатокъ, чрезъ аллотропизацію кислорода этого

последняго. Во всѣхъ этихъ случаяхъ получатся разныя величины молекулярной плотности и разныя формулы строения. Такъ, для изомеровъ состава $C_{10}H_{12}O_2$ найдемъ:



Изъ числа такихъ формулъ принадлежность формулы № 2 изойгенолу не подлежитъ сомнѣнiю. Изъ всѣхъ своихъ изомеровъ изойгенолъ имѣетъ наименьшую величину молекулярной плотности 546.39, другiе же два: эйгенолъ и шавибетолъ имѣютъ таковую гораздо большей величины. Вычисленная для изойгенола величина отличается отъ опытной на 0.92% и вѣроятно это вещество является въ однородномъ состоянiи отчасти полимеризованнымъ; для двуполимерной его чистицы вычисляется (см. гл. IV) $(MD) = 552.09$ и изойгенолъ представляетъ т. о. смѣсь нормальной формы съ двуполимерной, для каковой смѣси находимъ $(MD)_2 = 546.62$, т. е. величину, совершенно совпадающую съ опытной, разница всего 0.04%. Исслѣдованiе гомологовъ эйгенола: метил- и этилизойгенола вполне подтверждаетъ принятую для него формулу. Для перваго $MD = 593.04$ и $(MD)_2 = 592.55$, а для втораго 619.29 и 616.77, разница не превышаетъ 0.40%. Для этилизойгенола извѣстенъ изомеръ этилизошавибетолъ, являющiйся этильнымъ эфиромъ еще не полученнаго изошавибетолъ, это вещество имѣетъ съ этилизойгеноломъ одинаковую (въ предѣлахъ точности) величину молекулярной плотности, изомерiя здѣсь несомнѣнно объясняется тѣмъ, что въ аллотропизацiи кислорода въ этилизошавибетолѣ приняла участiе не та двойная связь, какъ въ этилизойгенолѣ, т. е. этилизошавибетолу и самому изошавибетолу принадлежитъ формула № 4, тогда для эйгенола и шавибетолъ остается выборъ только между строенiемъ, изображаемымъ подъ № 1 и № 3. Судя по легкому превращенiю эйгенола въ изойгенолъ и шавибетолъ въ изошавибетолъ, всего вѣроятнѣе, что строенiе ихъ выражается формулой № 3. Тогда получимъ

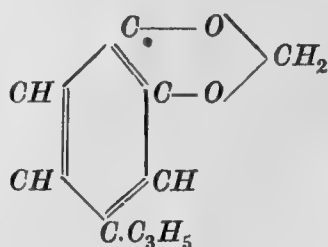


Вычисленные въ такомъ предположеніи величины молекулярной плотности $(MD)_2$ этихъ веществъ и ихъ производныхъ, какъ видно изъ приведенной таблицы, находятся въ полномъ согласіи съ полученными изъ опытныхъ данныхъ.

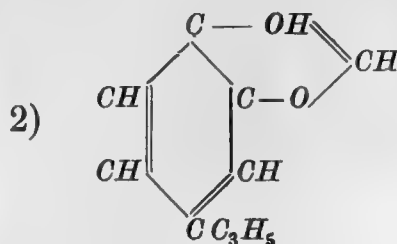
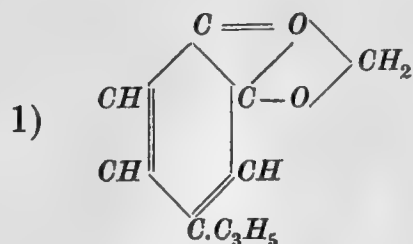
Въ близкомъ отношеніи къ эйгенолу стоятъ сафролъ, апіолъ и азаронъ. Для нихъ имѣемъ:

		MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Сафролъ	$C_{10}H_{10}O_2$	568.96	564.45	—	—4.51	0.79
Изосафролъ	—	551.96	—	548.97	—2.99	0.54
Апіолъ	$C_{12}H_{14}O_4$	834.67	841.73	—	+7.06	0.83
Изоапіолъ	—	814.65	—	810.77	—3.88	0.47
Азаронъ	$C_{12}H_{16}O_3$	689.76	692.49	—	+2.73	0.39

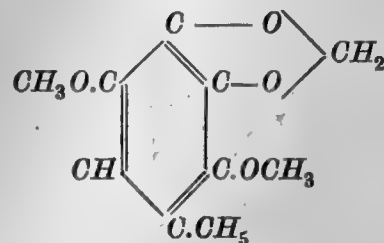
Сафролъ, какъ извѣстно, является также производнымъ аллипирокатехина, въ которомъ водородъ обоихъ водныхъ остатковъ замѣщенъ на двухатомную группу CH_2



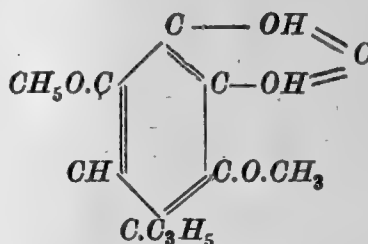
Какъ видно изъ сопоставленія величинъ молекулярной плотности, найденной для этого вещества и вычисленной изъ опытныхъ данныхъ изъ приведенной формулы, сафролъ имѣетъ нормальное строеніе, изомеръ же его изосафролъ даетъ величину меньшую, что указываетъ на аллотропію въ немъ кислорода, и при этомъ не болѣе одного атома этого элемента; аллотропія здѣсь очевидно можетъ произойти только на счетъ кислорода, связаннаго съ группой CH_2 и также двумя путями: или на счетъ двойной связи углеродныхъ атомовъ или путемъ энолизаціи эфирнаго кислорода, при чемъ получимъ два случая:



Первая формула даетъ $(MD) = 531.57$, т. е. величину совершенно не согласную съ опытной, которая $= 551.96$, тогда какъ по второй вычисляется $(MD)_2 = 548.97$, т. е. величина отвѣчающая послѣдней, разница 0.54% . Т. о. изосафролъ представляетъ любопытный случай перехода отъ простой энолизаціи кислорода къ полной его аллотропіи, каковую мы и видимъ въ изоапіолѣ. Изапіолъ и апіолъ являются продуктами замѣщенія двухъ атомовъ водорода бензольнаго ядра въ сафролѣ на группу OCH_3 и т. о. имѣютъ строеніе:



Вычисленная по этой формулѣ величина молекулярной плотности $(MD)_1 = 841.73$, хорошо согласуется съ найденной изъ опытныхъ данныхъ для апіола, разница $= 0.83\%$, что же касается до изоапіола, то опытная величина для такового много меньше этой, т. е. въ немъ кислородъ находится въ четырехатомномъ состояніи и притомъ аллотропіи подверглись очевидно оба атома этого элемента, т. е. строеніе этого вещества будетъ:



Таковая формула даетъ $(MD)_2 = 810.77$, т. е. величину вполне отвѣчающую опытной, разница $= 0.47\%$. Что же касается до азарона $(C_3H_5)C_6H_2(OCH_3)_3$, то вычисленіе показываетъ, что въ немъ аллотропированы также два атома кислорода; вычисляя въ этомъ предположеніи величину молекулярной плотности, находимъ $(MD)_2 = 692.49$, что отличается отъ опытной на 0.39% .

О строеніи метокси- и этоксиметиленакамфоры. Четырехатомное состояніе кислорода, какъ оказывается, встрѣчается не только между производными бензола, но также и въ другихъ рядахъ. Такъ, полученные Клейзенемъ метокси- и этоксиметиленакамфоры оказываются содержащими такой аллотропированный кислородъ. По способу своего обра-

1) Вычисленіе будетъ таково: для сафрола:

$$\begin{array}{r} C_{16} + H_{10} + O_2 = 594.45 \\ R = + 8.70 \\ 4F = -23.22 \\ 2O < = -15.48 \\ \hline (MD) = 564.45 \end{array}$$

для изосафрола:

$$\begin{array}{r} C_{16} + H_{10} + O_2 = 545.45 \\ x = -14.52 \\ O < = -7.74 \\ O \equiv = -23.22 \\ \hline 548.97 \end{array}$$

зованія оксиметиленкамфора должна имѣть строеніе: $C_8H_{14} \begin{matrix} \swarrow CH-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow H \end{matrix} \\ | \\ \searrow CO \end{matrix}$, но, какъ оказы-
вается, это вещество является энолизированнымъ: $C_{18}H_{14} \begin{matrix} \swarrow C=CH(OH) \\ | \\ \searrow CO \end{matrix}$ и благодаря этому

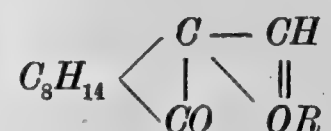
способнымъ давать рядъ эфировъ путемъ замѣщенія водорода во вновь образовавшемся
водяномъ остаткѣ на тотъ или другой углеводородный радикалъ. Т. о. полученные Клей-

зенемъ вещества имѣютъ строеніе: $C_{18}H_{14} \begin{matrix} \swarrow C=CH(OR) \\ | \\ \searrow CO \end{matrix}$. Молекулярная плотность ихъ

по даннѣмъ опыта оказывается таковой:

		t°	MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Метоксиметиленкамфора	$C_{12}H_{18}O_3$	23.1	668.04	695.28	662.38	—5.66	0.85
»	—	47.3	660.76	—	—	+1.62	0.25
Этоксиметиленкамфора	$C_{18}H_{20}O_3$	17.9	704.13	731.52	699.04	—5.11	0.75

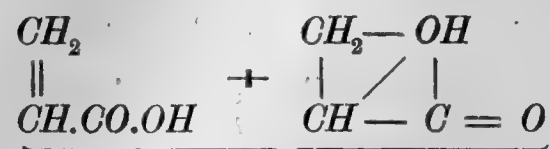
т. е. опытная величина молекулярной плотности является гораздо меньше вычисленной, что
указываетъ на аллотропизацію въ нихъ кислорода. Полагая, что таковой подвергся эфир-
ный кислородъ, найдемъ, что строеніе этихъ веществъ должно выразиться формулой:



Вычисляя по ней молекулярную плотность, получимъ величины, приведенныя подъ $(MD)_2$,
которые хорошо согласуются съ опытными данными. Всматриваясь въ нихъ, мы замѣчаемъ
одну очень интересную особенность. Если мы именно обратимъ вниманіе на величину моле-
кулярной плотности для метоксиметиленкамфоры, найденную при 23°1, то увидимъ, что она
отличается отъ теоретически вычисленной $(MD)_2$ на 0.85%; при нагрѣваніи она умень-
шается и при 47°3 доходитъ до 660.76, что отличается отъ теоретической величины уже
только на 0.24%. Очевидно, что при нагрѣваніи происходитъ усиленіе и ускореніе процесса
аллотропизаціи кислорода, ниже, при ацетилацетонѣ, мы подробнѣе рассмотримъ это явле-
ніе, а теперь обратимся къ изученію случаевъ аллотропіи кислорода у веществъ такъ наз.
жирнаго ряда, гдѣ они столь немногочисленны, какъ и при ароматическомъ.

О строеніи кислотъ ряда $C_nH_{2n-2}O_2$. Рядъ этихъ кислотъ открывается акриловой
 $C_3H_4O_2$, изслѣдованной въ свободномъ состояніи и въ видѣ метильнаго эфира $C_4H_6O_2$. Для
самой кислоты получено $MD = 299.80$, тогда какъ вычисленіе изъ ея формулы даетъ
 $(MD)_1 = 305.91$; очевидно, что кислородъ въ этомъ веществѣ аллотропированъ. Полагая,
что такому процессу подвергается карбонильный атомъ этого элемента, находимъ $(MD) =$

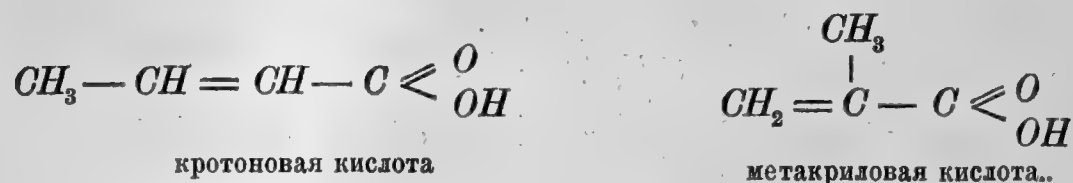
$= 264.31$ величину очевидно слишкомъ малую, при аллотропїи же гидроксильнаго кислорода получаемъ $(MD) = 292.37$ также недостаточно отвѣчающую опытной, но взгляды на эту величину показываетъ, что она представляетъ въ точности среднее изъ величинъ молекулярной плотности для нормальнаго строенія и гидраллоформы: $305.91 + 292.37 = 2.299.14$, каковое разнится отъ нея на 0.22% , т. е. акриловая кислота представляетъ смѣсь состава



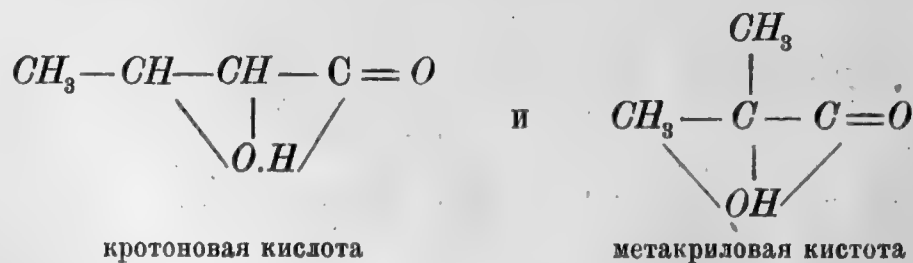
Любопытно, что метильный эфиръ акриловой кислоты имѣетъ строеніе нормальное. Для него $MD = 343.62$ — въ точности отвѣчаетъ вычисленной изъ формулы величинѣ $(MD)_1 = 343.38$, разница $= 0.07\%$. Метильная группа и здѣсь, какъ во многихъ другихъ случаяхъ, оказала вліяніе противодѣйствующее аллотропїи кислорода. У гомологовъ кислоты акриловой кислотъ кротоновой и метакриловой, а также у эфировъ послѣднихъ мы замѣчаемъ то же явленіе. Сама кротоновая и метакриловая кислоты имѣютъ по Эйкману:

	MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Кротоновая кислота	324.42	347.55	323.39	—1.03	0.32
Метакриловая кислота	336.94	—	334.03	—2.91	—

Этимъ веществамъ, какъ извѣстно, приписываются слѣдующія формулы строенія

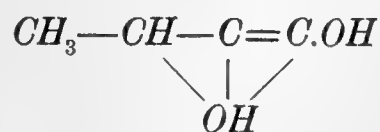


Вычисляя на основаніи ихъ молекулярную плотность, получимъ для обоихъ случаевъ одну и ту же величину $(MD)_1 = 347.55$ — слишкомъ большую сравнительно съ опытной. Правда, что она подходила бы для метакриловой кислоты, если взять для послѣдней энольную форму, каковая требуетъ $(MD) = 336.91$, но дѣло въ томъ, что энולה здѣсь образоваться не можетъ¹⁾, по отсутствію подходящаго для этого атома водорода вблизи кислороднаго, почему приходится допустить, что кислородъ въ обѣихъ кислотахъ аллотропированъ. Полагая, что при этомъ онѣ получаютъ гидраллоформу, найдемъ, что строеніе ихъ будетъ



1) Я неоднократно указывалъ на невозможность энוליзаціи кислорода при такихъ условіяхъ.

и тогда ихъ молекулярная плотность = 334.00, что достаточно подходитъ къ даннымъ для послѣдней, разница 0.88%, но для кислоты кротоновой эта величина слишкомъ велика, разница = 9.77 указываетъ на то, что послѣдняя является эноломъ своей гидраллоформы, т. е. имѣетъ строение



что даетъ $(MD)_2 = 323.39$, отличающуюся отъ опытной только на 0,27%. Допустить, что здѣсь мы имѣемъ дѣло съ кеталлоформой, нельзя, такъ какъ тогда получилась бы для кротоновой кислоты величина $(MD) = 305.94$ — слишкомъ малая. При изслѣдованіи этильных и амилныхъ эфировъ вышеприведенныхъ кислотъ найдено:

		MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Кротоновый этиль	$C_6H_{10}O_2$	410.05	426.95	410.50	+0.45	0.11
» амилъ	$C_9H_{16}O_2$	533.28	551.85	535.40	+1.12	0.21
Метакриловый амилъ	—	536.70	—	—	—1.30	0.24

Для эталлоформы этихъ веществъ, соответствующей гидраллоформѣ самихъ кислотъ, молекулярная плотность будетъ для $C_6H_{10}O_2 = 394.05$, а для $C_9H_{16}O_2 = 518.95$, т. е. они также представляютъ смѣси нормальнаго строения съ эталлоформой; вычисленные въ такомъ предположеніи величины $(MD)_2$, какъ видно, совершенно согласуются съ опытными данными.

Для кротоновой кислоты извѣстенъ изомеръ, имѣющій характеръ тѣла предѣльнаго;

триметиленкарбоновая кислота $\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH} \end{array} \begin{array}{c} \diagup \\ \diagdown \end{array} \begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH} \end{array} \begin{array}{c} \diagup \\ \diagdown \end{array} \begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH} \end{array} \text{COOH}$, для которой изъ опытныхъ данныхъ находимъ $MD = 357.64$, вычисленная же изъ вышеприведенной формулы величина $(MD)_1 = 351.91$, т. е. триметиленкарбоновая кислота представляетъ смѣсь нормальной формы съ энольной, для каковой $(MD)_2 = 356.73$, что отличается отъ опытной величины на 0.23%. Такую же смѣсь представляетъ и ея гомологъ кислота тетраметиленкарбоновая $C_5H_8O_2$, для которой имѣемъ:

		MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Тетраметиленкарбоновая	$C_5H_8O_2$	397.97	403.69	398.37	+0.44	0.10

Изомерными съ послѣдней являются настоящіе гомологи кротоновой кислоты — кислоты ангеликовая, тиглиновая и аллилукусная, для которыхъ найдено:

		MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Ангеликовая	кислота	368.52	389.17	368.38	—0.14	0.04
Тиглиновая	»	368.30	—	—	+0.08	0.02
Аллилукусная	»	380.22	—	378.53	—1.69	0.44

Изъ числа этихъ веществъ алилукусная кислота является простымъ эноломъ нормального строенія, что же касается первыхъ двухъ, то очевидно, что въ нихъ кислородъ аллотропированъ; въ этомъ случаѣ для гидраллоформы мы находимъ $(MD) = 375.64$, т. е. величину слишкомъ высокую, а для кеталлоформы $(MD) = 347.58$ — слишкомъ малую, но очевидно среднее изъ послѣдней и величины нормального строенія какъ разъ отвѣчаетъ опытнымъ даннымъ, разница всего 0.02% — 0.04% , т. о. эти кислоты, подобно кротоновой, представляютъ смѣсь нормальной формы и аллоформы, но не гидраллоформы, какъ тамъ, а кеталлоформы. Спрашивается теперь, чѣмъ же объясняется разница въ строеніи этихъ кис-

лотъ, считааемыхъ стереоизомерами формулы $CH_3 - CH = \overset{CH_3}{\underset{C}{|}} - COOH$? Судя по одина-

ковой величинѣ ихъ молекулярной плотности, несомнѣнно, что они суть простые изомеры, и всего вѣроятнѣе, что имъ принадлежитъ то строеніе, которое было дано Кондаковымъ (Жур. Р. Ф.-Х. Об. 23, 308), т. е.



при аллотропії въ которыхъ кислорода получимъ



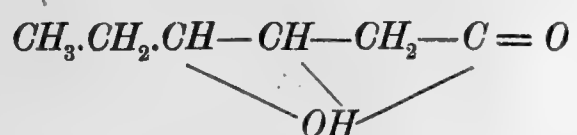
что будетъ соотвѣтствовать совершенно ихъ гомологамъ



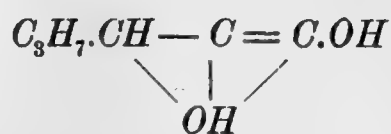
Что же касается до слѣдующихъ гомологовъ этого ряда, то для всѣхъ ихъ имѣемъ гидраллоформу. Такъ для двухъ изомеров $C_6H_{10}O_2$: $\alpha\beta$ и $\beta\gamma$ гидросорбиновой кислоты получено:

	MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
$\beta\gamma$ —гидросорбиновая	417.64	430.81	417.28	—0.36	0.08
$\alpha\beta$ — »	408.88	—	406.64	—2.24	0.55

т. е. въ обѣихъ кислотахъ гидроксильный атомъ кислорода уже сполна аллотропированъ и мы имѣемъ здѣсь, какъ и въ послѣдующихъ случаяхъ, не со смѣсью нормальной формы съ гидраллоформой, а только таковую. Интересно, что обѣ гидросорбиновыя кислоты отличаются между собой по величинѣ ихъ молекулярной плотности: $\alpha\beta$ —кислота является эноломъ гидраллоформы, т. е. они имѣютъ строеніе:

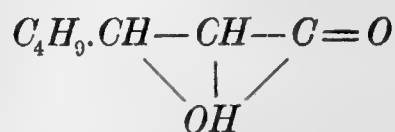


$\beta\gamma$ —гидросорбиновая кислота



$\alpha\beta$ —гидросорбиновая

Точно такъ же гептиленовая кислота $\text{C}_7\text{H}_{12}\text{O}_2$ даетъ $MD = 456.14$, вычисленная же для нея формулы величина $(MD)_1 = 472.44$, а для гидраллоформы имѣемъ $(MD)_2 = 458.90$, что разнится отъ опытной величины на 0.60%, т. е. строеніе этой кислоты будетъ



Подобное же явленіе наблюдается и для кислотъ $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}_2$: дециленовой и цитронелловой и ихъ ближайшаго гомолога ундециленовой кислоты $\text{C}_{11}\text{H}_{20}\text{O}_2$

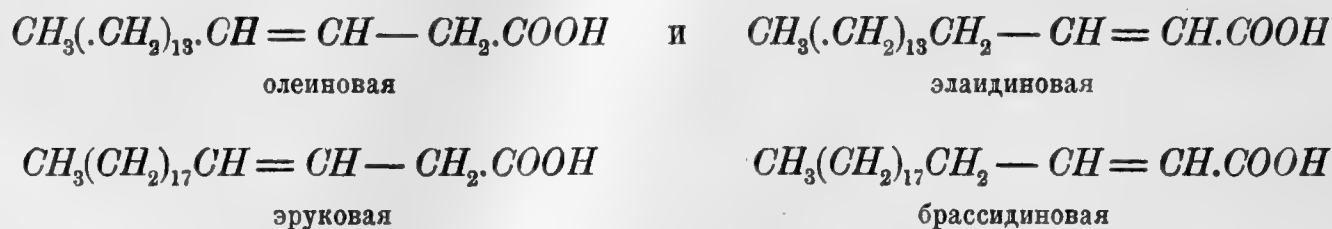
		MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Цитронелловая кислота	$\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}_2$	583.69	597.34	583.80	+0.29	0.05
Дециленовая	»	579.49	—	—	+4.31	0.73
Ундециленовая	»	622.36	638.98	625.04	+3.08	0.49

Интересными являются послѣдніе члены этого ряда кислоты олеиновая и эруковая съ ихъ изомерами элаидиновой и брассидиновой кислотами. Для нихъ изъ опытныхъ данныхъ имѣемъ:

		MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Олеиновая кислота	$\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$	918.27	932.35	917.83	—0.42	0.04
Элаидиновая	»	913.14	—	—	+4.69	0.51
Эруковая	»	1082.64	1096.94	1083.40	—0.76	0.07
Брассидиновая	»	1082.61	—	—	—0.79	0.07

Здѣсь мы видимъ во-первыхъ, что во всѣхъ этихъ веществахъ кислородъ является аллотропированнымъ и они имѣютъ гидраллоформу, для которой вычисляются величины $(MD)_2$, а во-вторыхъ то, что олеиновая и элаидиновая кислоты имѣютъ одинаковую величину молекулярной плотности, точно такъ же какъ и кислоты эруковая и брассидиновая. Это обстоятельство ведетъ неизбѣжно къ тому заключенію, что изомерія ихъ обуславливается

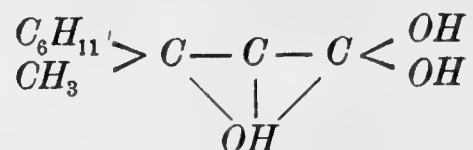
или различіемъ радикаловъ, входящихъ въ составъ частицы, или различіемъ въ мѣстѣ двойной связи, а такъ какъ относительно перваго существуютъ опредѣленные указанія на одинаковость замѣщающихъ группъ, то остается только вторая причина и названнымъ веществамъ вѣроятно принадлежатъ тѣ формулы, которыя А. Зайцевъ далъ прежде для кислотъ олеиновой и изоолеиновой съ одной стороны и эруковой и изоэруковой, т. е. будетъ



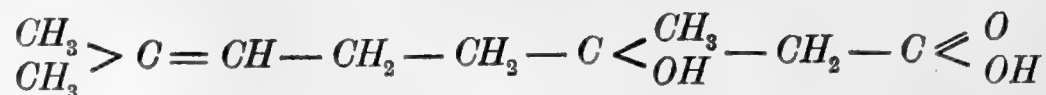
Тогда изоолеиновая и изоэруковая кислоты вѣроятно окажутся или ихъ энлами или имѣющими кеталлоформу, что конечно могутъ рѣшить только спеціальныя изслѣдованія.

О строеніи гераніевой кислоты и примыкающихъ къ ней веществъ. Гераніевая кислота $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}_2$ принадлежитъ къ слѣдующему по неопредѣленности ряду и содержитъ т. о. двѣ двойныхъ связи между углеродными атомами. Вычисленная изъ ея формулы $\frac{\text{CH}_3}{\text{CH}_3} > \text{C} =$

$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ =\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}=\text{CH}-\text{C} \end{array} \begin{array}{c} \text{O} \\ \text{OH} \end{array}$ величина молекулярной плотности $(MD)_1 = 589.61$ значительно больше полученной изъ опытныхъ данныхъ $(MD) = 566.44$, что указываетъ на аллотропическое состояніе кислорода въ этомъ веществѣ. При гидраллоформѣ¹⁾ мы находимъ $(MD) = 576.07$ и для энла последней $(MD)_2 = 565.43$, т. е. величину вполне отвѣчающую опытной, разница 0.19%. Строеніе гераніевой кислоты будетъ слѣдовательно



Въ производной отъ гераніевой кислоты кислотѣ оксигидрогераніевой $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}_3$, мы также встрѣчаемся съ аллотропированнымъ кислородомъ. Для оксигидрогераніевой кислоты $MD = 679.99$. Изъ формулы же этого вещества:



находимъ $(MD)_1 = 702.08$, при гидралло же формѣ

1) Кеталлоформа даетъ $(MD) = 543.01$.

относится къ другому ряду: въ ней двойной связи между углеродными атомами нѣтъ, а таковая имѣется еще разъ между углероднымъ и кислороднымъ атомами, т. е. въ ней находятся двѣ карбонильныхъ группы $C=O$ и она есть изобутирилметилэтилуксусная кислота



Благодаря отсутствію въ ней двойной связи между углеродными атомами, четырех-атомность кислорода въ ней прямо проявиться не можетъ, предварительно для этого требуется энוליзація этого элемента и только послѣ того, какъ въ силу этой послѣдней образуется двойная связь между углеродными атомами, можетъ наступить аллотропизація. Но такой процессъ для тѣлъ въ однородномъ состояніи, при обыкновенныхъ условіяхъ температуры, видимо совершается съ большимъ трудомъ и только при особыхъ условіяхъ (значительное накопленіе кислорода въ частицѣ и т. п.), въ огромномъ же большинствѣ случаевъ дѣло не доходитъ до аллотропизаціи кислорода и останавливается на образованіи энольной формы вещества. Такъ и здѣсь, для диметилгентаановой кислоты, для которой мы имѣемъ $MD = 655.73$, а $(MD)_1 = 665.29$, энольная же форма даетъ $(MD)_2 = 654.65$ — величину, отличающуюся отъ опытной на 0.16% . Подобное же явленіе мы видѣли у многочленныхъ моноацетилированныхъ производныхъ различныхъ кислотъ и эфировъ послѣднихъ. Ниже мы увидимъ, что у двацетилированныхъ производныхъ, очевидно благодаря увеличенію числа атомовъ кислорода въ частицѣ, становится возможной и существуетъ аллотропія кислорода. То же самое видимо происходитъ и при раствореніи многихъ веществъ въ кислородныхъ растворителяхъ, во всякомъ случаѣ въ разведенныхъ растворахъ. Такъ для растворовъ ацетона въ водѣ, какъ мы видѣли выше, замѣчается постепенное уменьшеніе молекулярной плотности этого вещества по мѣрѣ уменьшенія концентрации. Изслѣдованный Сапожниковымъ ацетонъ имѣлъ $MD = 209.53$. Эта величина понизилась въ растворахъ.

97.27% до 208.72	20.39% до 193.18
76.30 » 198.91	6.41 » 189.68

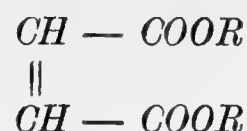
т. е. при концентраціи 76.3% мы имѣемъ дѣло уже съ энольной формой $CH_3-C(OH)=CH_2$, для которой вычисляется $(MD)_1 = 198.26$, въ болѣе слабыхъ растворахъ очевидно нахо-

дится уже смѣсь таковой съ гидраллоформой $CH_3-C \begin{array}{l} \swarrow OH \\ \searrow CH_2 \end{array}$, которая требуетъ $(MD) =$

$= 184.72$ и несомнѣнно, что въ еще болѣе разведенныхъ мы получили бы таковую въ чистомъ состояніи, безъ примѣси энольной. Такое же вліяніе видимо оказываетъ и повышение температуры: послѣдняя всегда понижаетъ величину молекулярной плотности и таковая всегда стремится къ той величинѣ, каковую должна имѣть аллоформа вещества. Это мы уже видѣли при метоксиметиленкамфорѣ, для которой величина молекулярной плотности, опредѣленная при $23^\circ 1$, оказывается отличающейся отъ теоретически вычисленной на 0.85% ,

а опредѣленная при $47^{\circ}3$ уже только на 0.24% . То же самое замѣчается и для другихъ веществъ. Такъ для β —оксикорбэтоксил- $\alpha\beta$ —кртоноваго этила $C_9H_{14}O_5$ (о немъ см. дальше) имѣемъ $(MD)_1 = 853.49$ и $(MD)_2$ (при аллотропіи кислорода) $= 808.03$. Опытная величина при $23^{\circ}9 = 832.98$ при повышеніи температуры постепенно уменьшается: при $48^{\circ}5$ она $= 822.81$, а при $70^{\circ}8 = 813.81$, т. е. видимо стремится къ той, какую имѣетъ аллоформа этого вещества. Точно какое же явленіе мы находимъ при ацетилацетонѣ, о чемъ будетъ рѣчь, когда станемъ разсматривать это вещество, и тимолѣ и изомерѣ послѣдняго изобутирилфенолѣ $C_{10}H_{14}O$. Тимасъ, изслѣдованный при $9^{\circ}6$ (Эйкманъ) и $24^{\circ}4$ (Назини) имѣетъ нормальную величину молекулярной плотности $MD = 478.62$ resp. 478.89 , что отличается отъ теоретически вычисленной $(MD)_1 = 481.0$ на 0.49 resp. 0.43% , точно такъ же изомерный тимолу карвакролъ при $18^{\circ}3$ далъ $MD = 478.77$, но при изслѣдованіи тимола при $80^{\circ}1$ (Эйкманъ) получилось уже $MD = 476.4$, а для изобутирилфенола при $113^{\circ}6$ $MD = 474.16$, т. е. величины, представляющія среднее изъ молекулярной плотности для нормальнаго вещества и гидраллоформы ($= 467.45$), каковое $= 474.22$. Всѣ эти данныя согласно говорятъ за то, что частица химическаго соединенія не представляетъ изъ себя чего-либо совершенно устойчиваго, имѣющаго строго опредѣленно строеніе, систему, въ которой составныя части находятся въ неизмѣнномъ отношеніи другъ къ другу. На оборотъ взаимное отношеніе послѣднихъ въ частицѣ постоянно мѣняется, главнымъ образомъ въ зависимости отъ температурныхъ условій, въ какихъ находится вещество въ данный моментъ, вслѣдствіе этого и строеніе частицы, а слѣдовательно и свойства вещества, не представляютъ чего-либо совершенно неизмѣннаго, и одно и то же тѣло можетъ функционировать различно, что всего лучше наблюдается въ случаяхъ такъ наз. таутомеріи. Здѣсь несомнѣнно открывается новая область для будущихъ изслѣдованій; дальше мы будемъ имѣть еще не разъ случай коснуться этого вопроса, а теперь станемъ продолжать нашъ обзоръ тѣхъ веществъ, въ которыхъ замѣчается явленіе аллотропіи кислорода, и обратимся къ разсмотрѣнію тѣлъ, примыкающихъ къ группѣ фумаровой и малеиновой кислотъ.

О строеніи кислотъ фумаровой и малеиновой, цитра — меза и итаконовой и ихъ эфировъ. Малеиновая и фумаровая кислоты, какъ извѣстно, считаются стереоизомерами формулы:

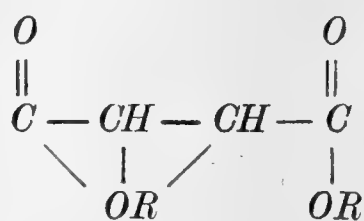


Малеиновая кислота была изслѣдована въ водномъ растворѣ, при чемъ получилось для 6.86% раствора $n_D = 1.34106$ и $d = 1.0191$, откуда имѣемъ¹⁾ для раствореннаго вещества $D = 4.82.45$ и $MD = 559.64$. Кромѣ ея изучены ея метильный эфиръ и этильный, пропильный и агитильный эфиры обѣихъ кислотъ, при чемъ найдено

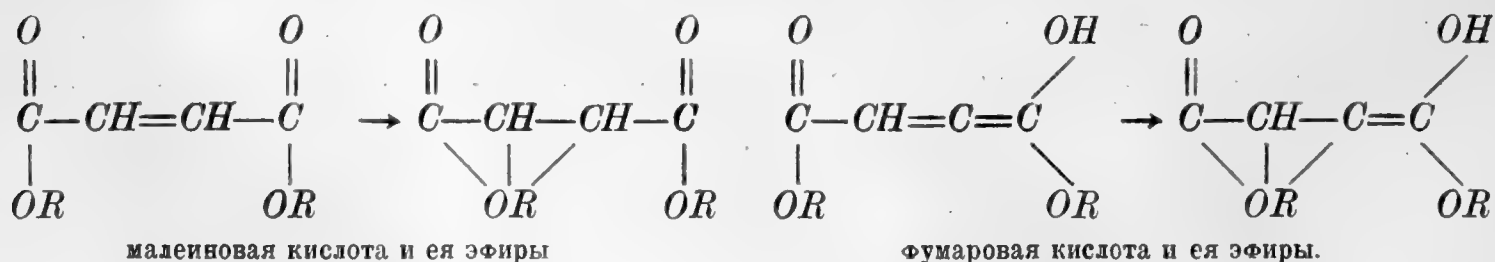
1) D для воды было $= 4.8517$.

		MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Малеинометильный эфиръ	$C_6H_8O_4$	627.40	631.60	—	+4.20	0.66
» этильный »	$C_8H_{12}O_4$	696.89	714.86	698.41	+1.61	0.23
Фумароэтильный »	—	685.14	—	687.77	+2.63	0.38
Малеинопропильный »	$C_{10}H_{16}O_4$	775.18	798.13	781.68	+6.50	0.83
Фумаропропильный »	—	770.30	—	771.04	+0.74	0.09
Малеиноамильный »	$C_{14}H_{24}O_4$	933.58	964.66	931.76	—1.82	0.19
Фумароамильный »	—	924.49	—	921.12	—3.37	0.37

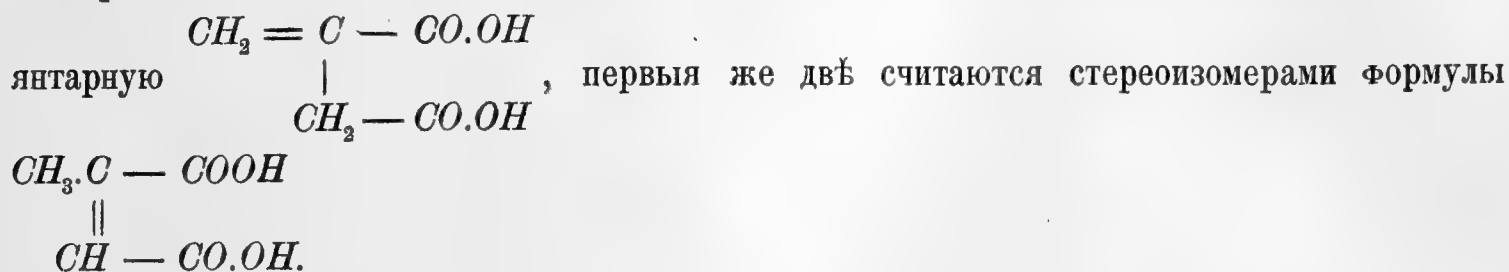
Для самой малеиновой кислоты $(MD)_1 = 563.80$. Какъ видно опытные данныя MD сходятся съ вычисленными изъ формулы $(MD)_1$ только для самой малеиновой кислоты (разница = 0.73%) и ея метильнаго эфира (разница 0.66), для всѣхъ же остальныхъ послѣднія оказываются слишкомъ высокими и слѣдовательно указываютъ на аллотропію въ этихъ веществахъ кислорода. Такъ, если мы возьмемъ эфиры малеиновой кислоты, то полагая въ нихъ аллотропированнымъ эфирный атомъ кислорода, найдемъ, что строеніе ихъ будетъ выражаться формулой



при каковой для этильнаго эфира полутчится величина $(MD)_2 = 681.96$ — много меньшая, чѣмъ та, которая получается изъ опытныхъ данныхъ, но очевидно, что послѣдняя $MD = 698.80$ представляетъ среднее изъ таковой и вычисленной для нормальнаго строенія (= 714.86); это среднее $(MD)_2 = 698.41$ отличается отъ опытной величины всего на 0.23%. Т. о. малеиноэтильный эфиръ представляетъ смѣсь нормальной формы съ эталлоформой. То же самое мы видимъ и для пропильнаго эфира этой кислоты; вычисленная въ такомъ предположеніи для него величина молекулярной плотности отличается отъ полученной изъ опытныхъ данныхъ на 0.83%, амильный же эфиръ оказывается состоящимъ только изъ одной эталлоформы. Совершенно параллельно этому идетъ рядъ фумаровыхъ производныхъ, которыя, какъ оказывается, всѣ представляютъ энольную форму малеиновыхъ, чѣмъ и объясняется ихъ изомерія. Вычисленные въ этомъ предположеніи величины ихъ молекулярной плотности (приведенныя въ таблицѣ подъ $(MD)_2$) совершенно согласуются съ полученными изъ опытныхъ данныхъ. Т. о. строеніе этихъ кислотъ будетъ



Совершенно тѣ же отношенія мы имѣемъ и для кислотъ цитра- и мезаконовой и ихъ изомера кислоты итаконовой. Последняя, какъ извѣстно, представляетъ изъ себя метилен-



Въ оптическомъ отношеніи изслѣдованы какъ сами кислоты (въ водныхъ растворахъ), такъ и ихъ метильные, этильные и амильные эфиры. Для первыхъ найдено

	%	d	n	D'	D	MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
		для раствора								
Итаконовая кислота	4.18	1.00985	1.338125	4.8410	4.6180	600.34	601.57	—	—1.22	0.20
Цитраконовая »	7.07	1.01630	1.341877	4.8365	4.6377	602.90	—	—	—1.34	0.22
Мезаконовая »	3.69	1.00717	1.337500	4.8371	4.5570	594.41	—	590.92	—3.87	0.65

Какъ видно изъ этихъ данныхъ, всѣ три кислоты имѣютъ строеніе нормальное и изъ нихъ мезаконовая является энольной формой кислоты цитраконовой; то же самое мы видимъ и при эфирахъ этихъ послѣднихъ кислотъ, для которыхъ изъ опытныхъ данныхъ имѣемъ:

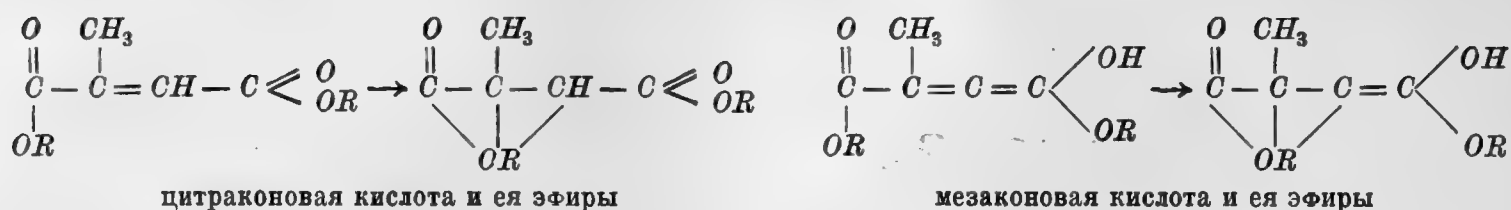
		MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Цитраконовый метиль	$\text{C}_7\text{H}_{10}\text{O}_4$	655.57	673.23	656.78	+1.11	0.17
Мезаконовый »	—	651.92	—	646.14	+5.78	0.89
Цитраконовый этиль	$\text{C}_9\text{H}_{14}\text{O}_4$	741.17	756.49	740.62	—1.13	0.15
Мезаконовый »	—	725.40	—	729.38	+4.00	0.54
Цитраконовый амиль	$\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{O}_4$	970.49	1006.30	973.40	+2.91	0.29
Мезаконовый »	—	965.44	—	962.76	—2.68	0.27

Очевидно, что во всѣхъ нихъ кислородъ находится въ аллотропическомъ состояніи.

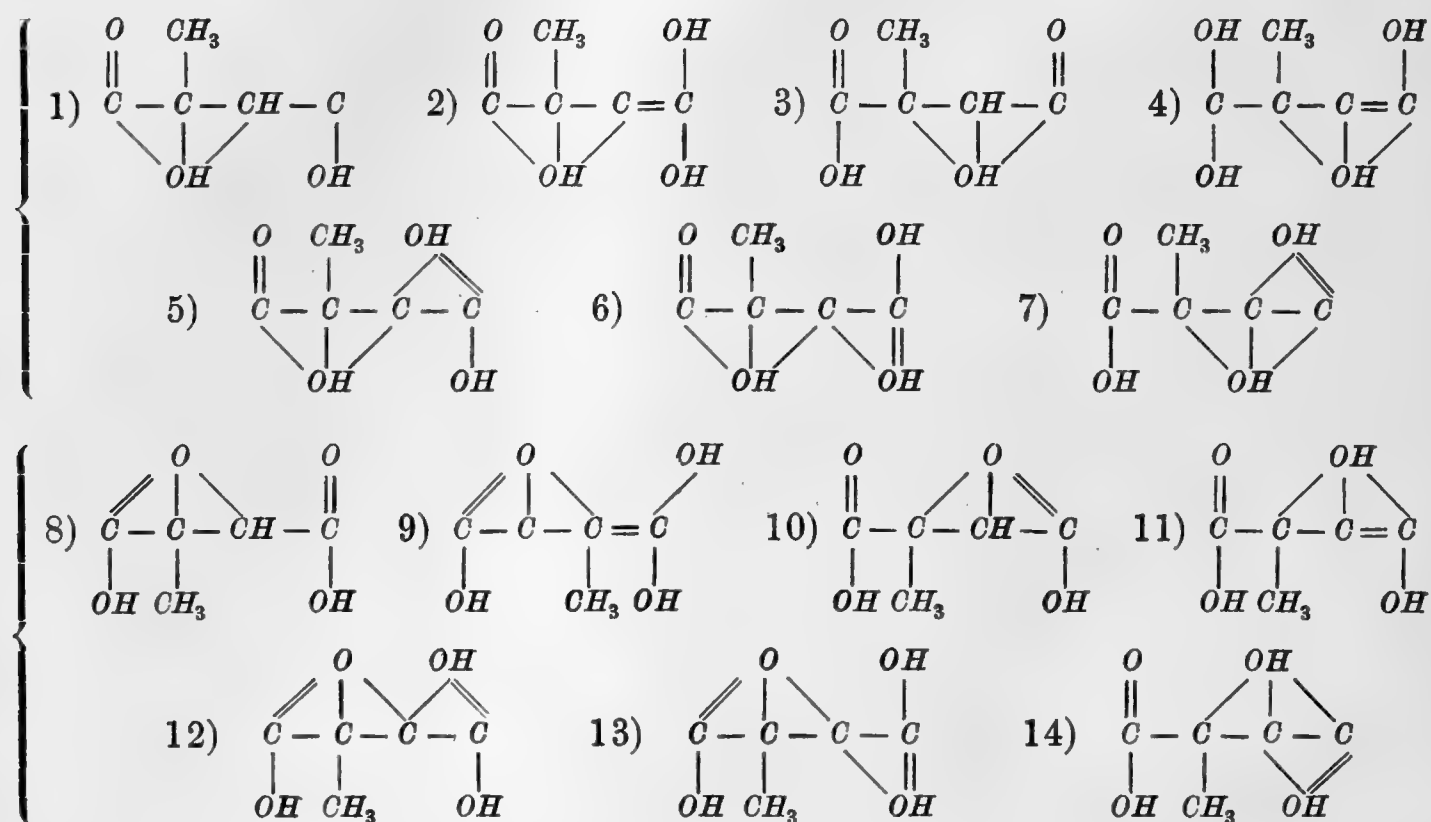
Вычисляя для нихъ молекулярную плотность для эталлоформы, находимъ

Для метильныхъ эфировъ	$\text{C}_7\text{H}_{10}\text{O}_4$	$(MD) = 640.33$
» этильныхъ »	$\text{C}_9\text{H}_{14}\text{O}_4$	— 723.59
» амильныхъ »	$\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{O}_4$	— 973.40

Изъ этихъ данныхъ несомнѣнно явствуетъ, что здѣсь мы имѣемъ то же самое, что и при эфирахъ кислотъ малеиновой и фумаровой: метильный и этильный эфиры кислоты цитраконовой представляютъ смѣси нормальной формы и эталлоформы, а амильный — только послѣднюю, всѣ же эфиры мезаконовой кислоты суть энолы, какъ и сама мезаконовая кислота. Вычисляя въ этомъ предположеніи величины ихъ молекулярной плотности (приведенныя въ таблицѣ подъ $(MD)_2$), находимъ полное согласіе съ опытными данными. Т. о. строеніе цитраконовой и мезаконовой кислотъ будетъ:



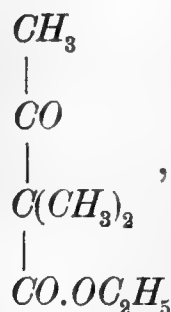
Кромѣ этихъ двухъ случаевъ для веществъ со строеніемъ цитраконовой кислоты возможны еще многіе другіе, при условіи аллотропіи кислорода, т. е. съ переходомъ послѣдняго въ четырехатомное состояніе. Всего ихъ будетъ 14 — семь для гидраллоформы и семь для кеталлоформы, а считая нормальную форму и эноль послѣдней, получимъ 16 изомеровъ:



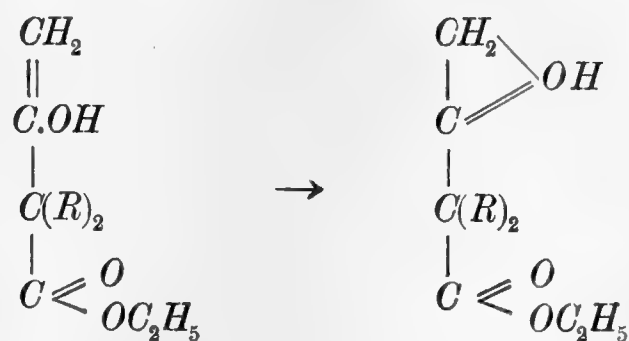
Что же касается до итаконовой или метилентарной кислоты, то она сама, какъ мы видѣли выше, имѣетъ нормальное строеніе. Ея метильный эфиръ представляетъ смѣсь нормальной съ энольной, для каковой вычисляется $(MD) = 662.59$; этильный эфиръ, подобно эфирамъ кислотъ цитра- и мезаконовой, есть смѣсь нормальной съ эталлоформой, а аллильный точно такъ же какъ и тамъ представляетъ чистую эталлоформу.

О строеніи соединений, содержащихъ ацетильную группу. Выше мы уже имѣли случай разсмотрѣть многочисленныя вещества, относящіяся къ этому классу и представляющія изъ себя продукты замѣщенія водорода въ предѣльныхъ кислотахъ на ацетильную группу $CH_3.CO$ и видѣли, что почти всѣ они представляютъ или нормальное строеніе, или имѣютъ энольную форму такового, или же смѣсь обѣихъ. Но кромѣ этихъ веществъ имѣется еще немало такихъ близкихъ имъ, въ которыхъ приходится допустить, что кислородъ весь или частью аллотропированъ. Къ разбору этихъ случаевъ мы теперь и обратимся и начнемъ

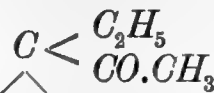
съ веществъ, относящихся къ числу замѣщенныхъ кислотныхъ эфировъ. Впервые это явленіе мы находимъ у тѣхъ производныхъ ацетуксуснаго эфира, гдѣ оба водорода въ группѣ CH_2 , стоящей между двумя карбонильными, замѣщены на углеводородные радикалы. Рядъ этихъ эфировъ начинается съ диметилацетуксуснаго этила



который, какъ и его гомологъ діэтилацетуксусный этилъ, имѣетъ характеръ перваго энора, т. е. въ немъ одинъ атомъ кислорода въ одной изъ карбонильныхъ группъ $C=O$ находится въ видѣ водяного остатка, но у дальнѣйшихъ членовъ ряда діаллилуксусномъ $C_{12}H_{18}O_3$ и діамилуксусномъ этилѣ $C_{16}H_{20}O_3$ мы видимъ, что усиливающееся, по мѣрѣ усложненія состава, стремленіе къ энолизациі должно было бы повести къ образованію полной энольной формы съ обоими карбонильными атомами кислорода въ видѣ водяныхъ остатковъ, но для образованія второго водяного остатка не имѣется вблизи подходящаго атома водорода, и потому процессъ переходитъ прямо въ аллотропіи кислорода. Въ самомъ дѣлѣ, для діаллил-ацетуксуснаго энора мы имѣемъ изъ опытныхъ данныхъ $MD = 757.30$, а для діамил-ацетуксуснаго $MD = 931.20$, изъ формулы же ихъ вычисляется $(MD)_1 = 776.66$ и 958.67 , а для первой энольной формы 767.02 и 948.03 , а для гидраллоформы будетъ $(MD)_2 = 754.40$ и 930.65 , т. е. величины совершенно согласныя съ опытными, разница всего 0.38 и 0.06% . Это обстоятельство между прочимъ совершенно опредѣленно указываетъ на то, что весь процессъ совершается въ ацетильной группѣ, такъ какъ карбонильный кислородъ карбоксильной группы не можетъ энолизироваться по отсутствію вблизи водорода, т. о. строеніе этихъ эфировъ будетъ

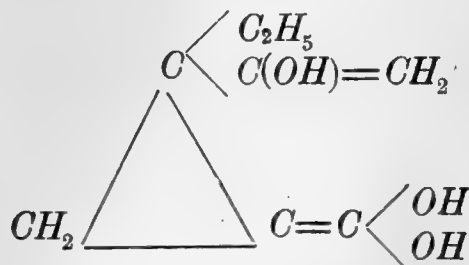


То же самое явленіе мы замѣчаемъ у производныхъ ацетилтетраметиленовой кислоты.



Низшій гомологъ этого ряда этилацетилтриметиленовая $CH_2-CH.COON$, какъ видно изъ

величины ея молекулярной плотности, представляет полную энольную форму, съ обоими карбонильными атомами кислорода въ видѣ водяныхъ остатковъ, т. е. со строеніемъ



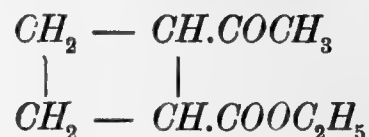
такъ какъ опытная величина молекулярной плотности этого вещества $MD = 612.11$ значительно отличается отъ вычисленной изъ формулы $(MD)_1 = 636.22$ и разниа какъ разъ на энוליзацію двухъ кислородныхъ атомовъ; вычисленная въ послѣднемъ предположеніи молекулярная плотность даетъ величину $(MD)_2 = 614.94$, отличающуюся отъ опытной только на 0.46%. Изомерный этой кислотѣ этилиденацетуксусный этиль $\text{C}_8\text{H}_{12}\text{O}_3 : \text{CH}_3.\text{CO}.\text{C}-\text{CO}.\text{OC}_2\text{H}_5$ оказывается уже тѣломъ, въ которомъ кислородъ является аллотро-



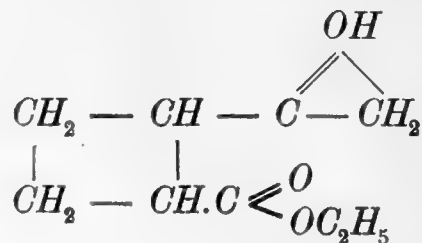
пированнымъ, чему очевидно способствуетъ отсутствіе замкнутой группировки между углеродными атомами. Молекулярная плотность этого вещества $MD = 592.70$, вычисленная же изъ формулы $(MD)_1 = 617.86$, предполагая же, что аллотропіи подвергся кислородъ ацетильной группы, найдемъ $(MD)_2 = 589.80$, что отличается отъ опытной величины на 0.66%; строение этого вещества будетъ слѣдовательно $\text{CH}_2-\text{C}-\text{C}-\text{CO}.\text{OC}_2\text{H}_5$ т. е. аллотропизація кислорода въ немъ шла чрезъ предваритель-



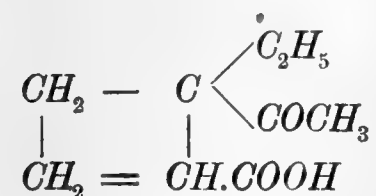
ную его энוליзацію, а не на счетъ болѣе удаленной отъ него двойной связи между углеродными атомами, такъ какъ въ такомъ случаѣ мы получили бы совершенно неподходящія величины молекулярной плотности 584.96 (для эталлоформы) или 572.38 (для кеталлоформы). Такое же точно явленіе аллотропіи кислорода на счетъ двойной связи, вновь образовавшейся между углеродными атомами вслѣдствіе энוליзаціи кислорода, мы находимъ во многихъ другихъ случаяхъ и между прочимъ у ближайшаго гомолога вышеупомянутыхъ веществъ — этильнаго эфира ацетилтетраметиленовой кислоты $\text{C}_9\text{H}_{14}\text{O}_3$



для котораго $MD = 636.36$, а $(MD)_1 = 673.99$, полагая, что и здѣсь аллотропированъ кислородъ ацетильной группы, т. е. строение эфира будетъ

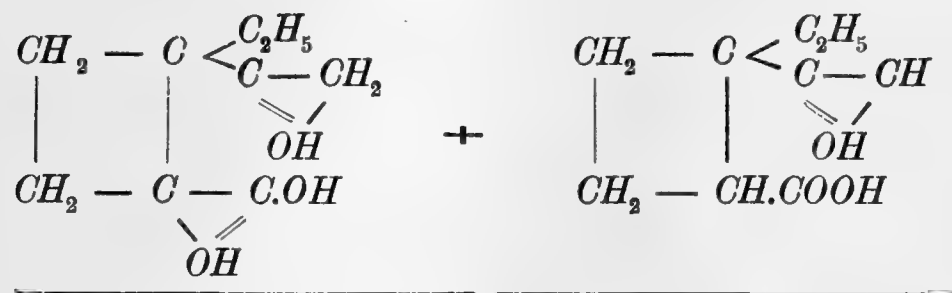


найдемъ $(MD)_2 = 636.93$, т. е. величину совершенно согласную съ опытной, разница $= 0.16\%$. Для ацетилтетраметиленового этила извѣстенъ изомеръ — этилацетилтетраметиленовая кислота

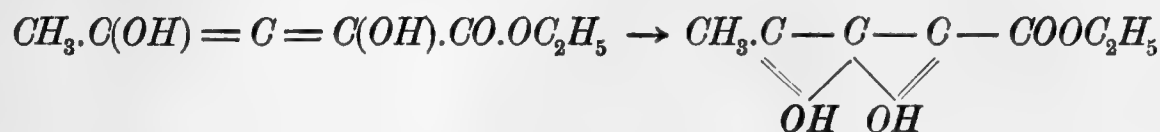


которая, оказывается, представляет смѣсь моноаллоформы съ полной гидраллоформой. Для этого вещества $MD = 637.82$ и $(MD)_1 = 677.86$; для моноаллоформы, т. е. когда аллотропированъ одинъ атомъ кислорода, получимъ $(MD) = 653.37$ и дигидраллоформы, т. е. при аллотропіи обоихъ карбонильныхъ атомовъ этого элемента $= 625.61$ среднее $= 639.49$, что отличается отъ опытной величины только на 0.23% .

Такимъ образомъ строение этилацетилтетраметиленовой кислоты будетъ:

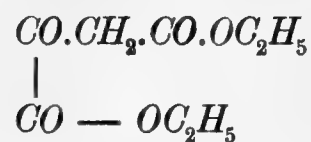


Аналогичное явление мы имѣемъ при ацетонилщавелевомъ и ацетилпирувинномъ этилѣ $C_7H_{10}O_4 = CH_3.CO.CH_2.CO.CO.OC_2H_5$, для котораго $MD = 632.44$ и $(MD)_1 = 691.61$, т. е. кислородъ здѣсь также аллотропированъ, что очевидно возможно только послѣ предварительной его энוליзації, которая приводится къ формуламъ:

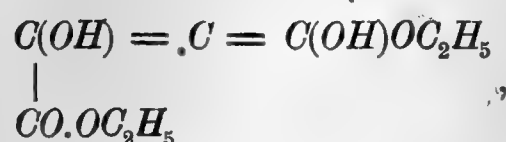


изъ послѣдней вычисляемъ $(MD)_2 = 635.47$ величину, отличающуюся отъ опытной на 0.48%. Во всѣхъ этихъ случаяхъ мы видимъ, что по мѣрѣ усложненія состава и накопленія въ частицѣ кислорода, процессъ аллотропизаціи послѣдняго постепенно усиливается. То же самое мы находимъ и въ рядѣ замѣщенныхъ двукарбокислыхъ кислотъ.

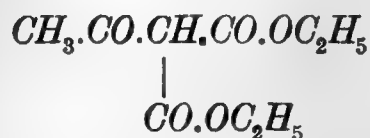
Такъ оксалилуксусный этиль $C_8H_{12}O_5$:



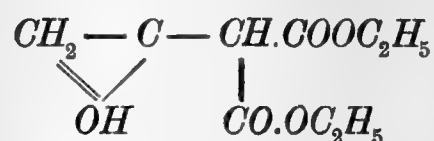
имѣющій $MD = 810.0$, является подобно ацетилтриметиленовой кислотѣ полнымъ эноломъ, т. е. имѣетъ строение:



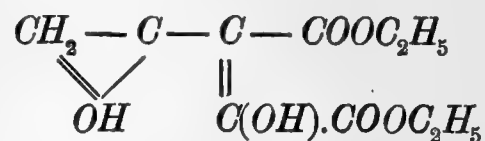
каковая формула требуетъ $(MD)_2 = 808.96$, т. е. отличается отъ опытной на 0.11% . Ацетилмалоновый этиль $C_9H_{14}O_5$ оказывается уже содержащимъ аллотропированный кислородъ; для него $MD = 834.71$, изъ формулы же строения его



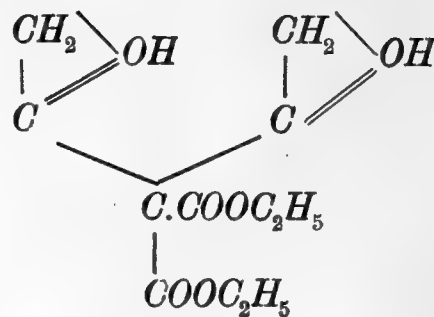
вычисляемъ $(MD)_1 = 871.87$. Аллотропія кислорода здѣсь можетъ произойти очевидно только послѣ предварительной его энолизации, что даетъ формулу



изъ каковой находимъ $(MD) = 843.81$, т. е. ацетилмалоновый эфиръ представляетъ энолъ гидраллоформы, т. е. имѣетъ строение

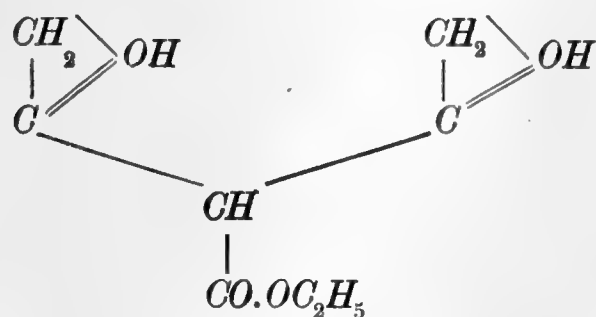


что требуетъ $(MD)_2 = 833.17$, т. е. разнится отъ опытной величины на 0.18% . Въ двухзамѣщенномъ діацетилмалоновомъ этилѣ аллотропія идетъ еще дальше: оба кислорода въ ацетильныхъ группахъ подверглись превращенію въ четырехатомное состояніе. Для этого вещества, имѣющаго составъ $C_{11}H_{16}O_6$, $MD = 1009.93$ и $(MD)_1 = 1062.79$, при строеніи же его:

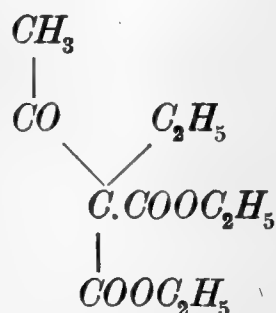


имѣемъ $(MD)_2 = 1006.65$, что даетъ разницу съ опытной величиной всего на 0.32% . То же самое мы видимъ при діацетуксусномъ этилѣ $C_8H_{14}O_2$, для котораго $MD = 678.83$ и

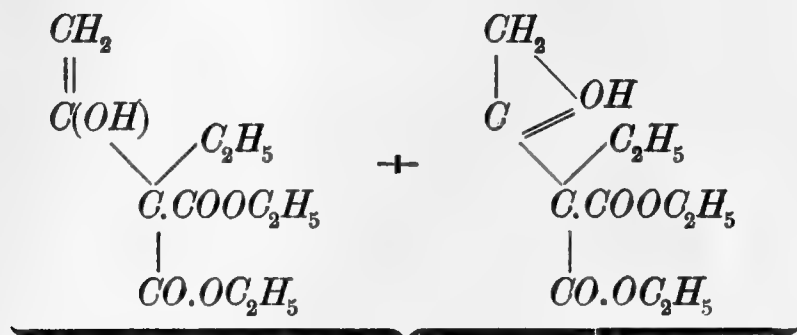
$(MD)_1 = 733.24$. При аллотропизаціи въ немъ двухъ кислородныхъ атомовъ получимъ строеніе аналогичное предыдущему, т. е.



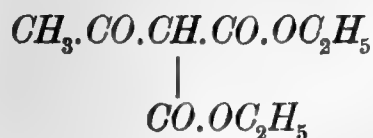
каковая формула даетъ $(MD)_2 = 677.12$, т. е. разница съ опытной $= 0.25\%$. Интересно, что гомологъ ацетилмалоноваго этила этилацетилмалоновый этиль $\text{C}_{11}\text{H}_{18}\text{O}_3$:



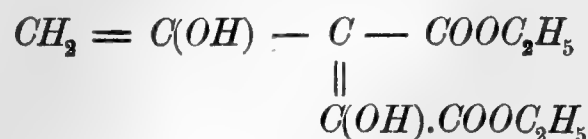
для котораго $MD = 936.86$, представляетъ явленіе болѣе слабой аллотропизаціи кислорода, хотя бы слѣдовало ожидать совершенно обратнаго. Это тѣло есть лишь смѣсь энольной формы нормальнаго строенія съ гидраллоформой:



для которой вычисляемъ $(MD)_2 = 935.82$, что отличается отъ опытной величины на 0.11% . Объясняется это обстоятельство тѣмъ, что въ аллоформѣ этого вещества, какъ видно изъ приведенной формулы, нѣтъ, вслѣдствіе замѣщенія на группу C_2H_5 , подходящаго атома водорода, который могъ бы принять участіе въ энוליзаціи, а слѣдовательно и въ послѣдующей аллотропизаціи, второго карбонильнаго атома кислорода въ этомъ веществѣ, находящагося въ карбоксильной группѣ, благодаря этому процессъ превращенія кислорода не пошелъ далѣе. Иное явленіе мы видимъ у изомера ацетилмалоноваго этила этильнаго эфира ацетолдикарбоновой кислоты:

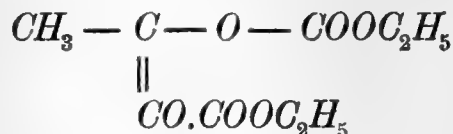


Опытная величина молекулярной плотности этого вещества $MD = 852.32$ и $(MD)_1 = 871.87$, т. е. оно представляет полную энольную форму, для которой $(MD)_2 = 850.59$, что даетъ разницу 0.20% , т. о. строение его будетъ:

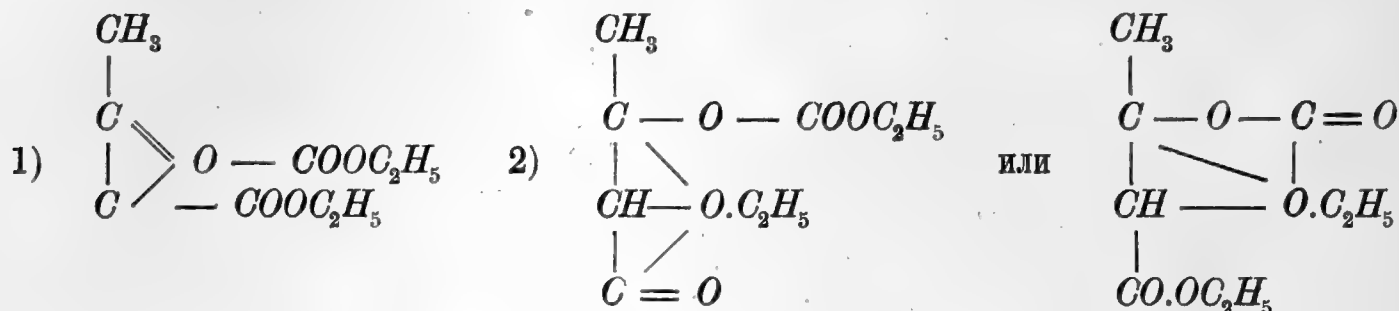


чѣмъ и объясняется его изомерія съ ацетилмалоновымъ эфиромъ.

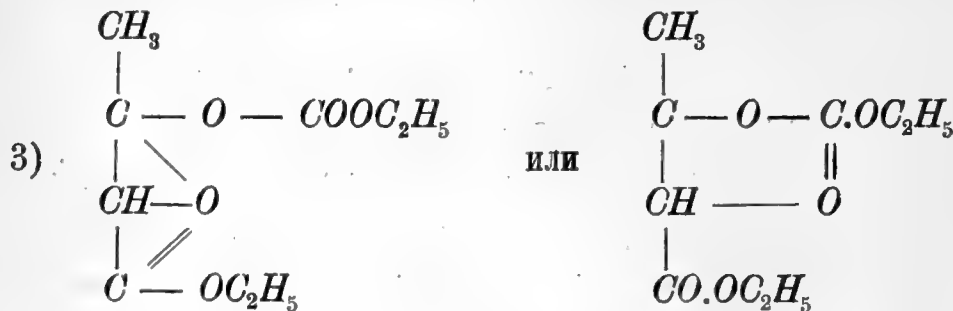
У этихъ веществъ есть еще третій изомеръ: β —оксикарбэтоксом— $\alpha\beta$ —кетоновый этиль, имѣющій $MD = 832.98$. При обычно придаваемомъ этому веществу строеніи



находимъ гораздо большую величину $(MD)_1 = 853.49$. Аллотропія кислорода здѣсь можетъ идти въ разныхъ направленіяхъ: или для эфирнаго атома этого вещества или для карбонильнаго. Въ первомъ случаѣ получимъ двѣ формулы строенія этого вещества:



которыя даютъ одну и ту же величину $(MD) = 820.59$. Во второмъ же случаѣ находимъ:



изъ которыхъ вычисляется $(MD) = 808.03$. Очевидно, что здѣсь мы имѣемъ дѣло со смѣсью, именно нормальной и кеталлоформы, каковая требуетъ $(MD)_2 = 830.76$, что

отличается отъ опытной величины на 0.26%. То же встрѣчаемъ и при гомологѣ этого вещества α -этил- β -оксикарбэтоксил- $\alpha\beta$ -кротоновомъ этилѣ $C_{11}H_{18}O_5$, для котораго $MD = 915.96$; для кеталлоформы вычисляемъ $(MD) = 891.28$, а для нормальнаго строенія $(MD)_1 = 936.76$; среднее $(MD)_2 = 914.02$, т. е. отличается отъ опытной величины на 0.21%. Въ ближайшемъ же гомологѣ α -метил- β -оксикарбэтокил- $\alpha\beta$ -кротоновомъ этилѣ $C_{10}H_{16}O_5$, имѣющемъ $MD = 883.43$, мы видимъ, что замѣщеніе водорода въ группѣ CH на метильную группу повліяло на ходъ аллотропизаціи кислорода: въ этомъ веществѣ¹⁾ четырехатомнымъ оказывается не карбонильный, а эфирный атомъ элемента, такъ какъ для него мы имѣемъ $(MD)_1 = 895.13$, а для кеталлоформы $= 849.65$ и эталлоформы $= 862.23$; среднее изъ послѣдней величины и вычисленной для нормальнаго строенія будетъ $(MD)_2 = 878.68$, т. е. отличается отъ опытной только на 0.51%.

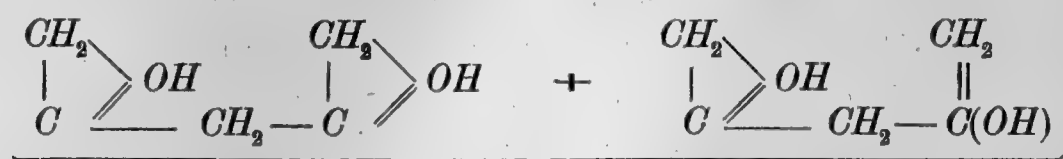
Перейдемъ теперь къ продуктамъ замѣщенія не одного, а нѣсколькихъ атомовъ водорода на ацетильную (или гомологическія) группу въ другихъ классахъ химическихъ соединений. Первый представитель этого ряда діацетилъ $C_4H_6O_2 = CH_3.CO.CO.CH_3$ имѣетъ $MD = 353.18$, вычисленная же изъ приведенной формулы величина $(MD)_1 = 358.18$ и ея энольной формы $= 347.54$, т. е. діацетилъ представляетъ смѣсь нормальной частицы съ энוליзированной; такая смѣсь требуетъ $(MD)_2 = 352.86$, что отличается отъ опытной на 0.09%. То же самое мы имѣемъ при ближайшемъ гомологѣ этого вещества ацетилпропіонилѣ $C_5H_8O_2 = CH_3.CO.CO.C_2H_5$, для котораго $MD = 393.39$ и $(MD)_1 = 399.82$, эноль послѣдней $= 389.18$ и среднее для него и нормальной формы $(MD)_2 = 394.56$, т. е. отличается отъ найденной изъ опыта величины на 0.29%, но изомеръ этой формулы ацетилацетонъ: $CH_3.CO.CH_2.CO.CH_3$ оказывается содержащимъ аллотропированный кислородъ. Для него $MD = 361.27$ (Брюль) и 363.09 (Перкинъ), а $(MD)_1 = 399.82$, первая же энольная форма даетъ $(MD) = 389.18$ и вторая 378.54 , т. е. кислородъ здѣсь несомнѣнно находится въ четырехатомномъ состояніи. Процессъ аллотропизаціи этого элемента очевидно можетъ въ данномъ случаѣ произойти только послѣ предварительной энוליзаціи, которая даетъ



для такой полной гидраллоформы находимъ $(MD) = 347.58$, очевидно, что ацетилацетонъ представляетъ смѣсь этой формы съ полнымъ энолемъ нормальнаго строенія, таковая смѣсь требуетъ $(MD)_2 = 363.06$, что въ точности совпадаетъ съ величиной молекулярной плотности этого вещества, найденной Перкинымъ, и отличается отъ данной Брюлемъ на 0.49%.

1) Величина молекулярной плотности этого вещества всего лучше подходила бы къ энольной формѣ нормальнаго строенія, каковая $= 884.49$, но дѣло въ томъ, что энולה здѣсь образоваться не можетъ по отсутствію подходящаго для этого атома водорода, что ясно видно изъ формулы этого тѣла.

Весьма интереснымъ является отношеніе этого тѣла къ нагрѣванію, изслѣдованное Брюлемъ. Оказывается, что при $72^{\circ}4$ молекулярная плотность имѣетъ много меньшую величину $= 353.96$ и при указанной температурѣ мы имѣемъ смѣсь полной аллоформы не съ эноломъ нормальнаго строенія, а съ эноломъ моноаллоформы, т. е.



Такая смѣсь требуетъ $(MD) = 356.24$, что разнится отъ опытной величины на 0.65% .

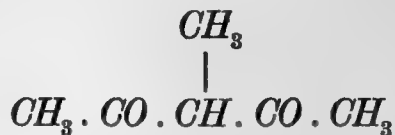
Охлажденіе нагрѣтаго препарата даетъ снова прежнюю величину молекулярной плотности. Процессъ этотъ очевидно и деть не скачками: при $42^{\circ}7$ находимъ для даннаго вещества $MD = 358.79$, т. е. величину промежуточную между вышеприведенными. Несомнѣнно, что при дальнѣйшемъ, болѣе высокомъ нагрѣваніи мы получили бы ацетилацетонъ въ видѣ однородной дигидраллоформы.

Близко стоящій къ ацетилацетону гидрацетилацетонъ $C_5H_{10}O_2 = CH_3.CH(OH).CH_2.CO.CH_3$ имѣющій $MD = 388.72$ и $(MD)_1 = 396.92$ оказывается простымъ эноломъ нормальнаго строенія



для какового вычисляется $(MD)_2 = 386.28$, что даетъ разницу съ опытной величиной въ 0.61% .

Интересны гомологи ацетилацетона: метилацетилацетонъ $C_6H_{10}O_2$



и ацетонилацетонъ $CH_3.CO.CH_2.CH_2.CO.CH_3$. Первый точно такъ же какъ и построенный

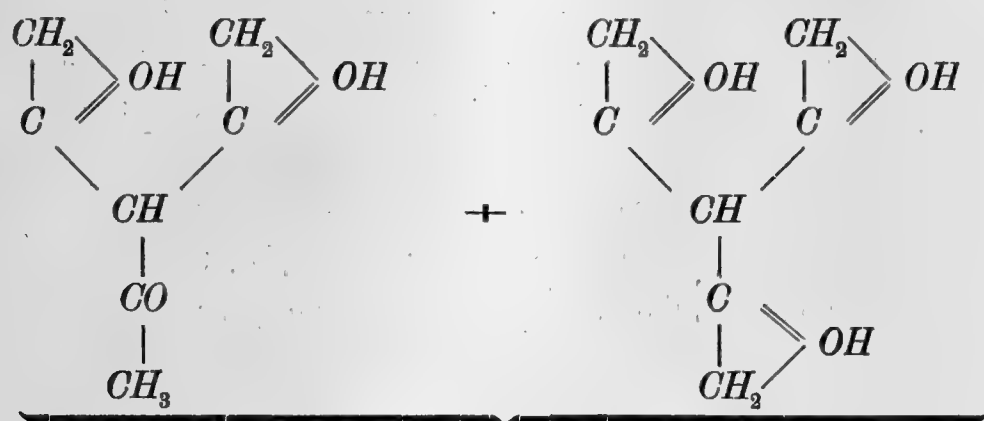
аналогично ему аллиацетилацетонъ $C_8H_{12}O_2: CH_3.CO.\overset{\text{C}_3H_5}{\underset{|}{CH}}.CO.CH_3$, содержатъ каждый по одному атому аллотропированнаго кислорода.

Для нихъ имѣемъ

		MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Метилацетилацетонъ	$C_6H_{10}O_2$	419.45	441.48	417.27	-2.18	0.57
Аллиацетилацетонъ	$C_8H_{12}O_2$	490.82	516.98	492.80	+2.58	0.50

Величины $(MD)_2$ вычислены для моногидраллоформы. Что же касается до ацетонилацетона, то для него мы имѣемъ два противорѣчивыя наблюденія. По даннымъ Брюля мо-

лекулярная плотность этого вещества $MD = 439.47$, а по Кнору только 431.17, вычисленная же изъ формулы этого вещества: $CH_3.CO.CH_2.CH_2.COCH_3$ даетъ величину $(MD)_1 = 441.45$, т. е. подходящую близко къ полученной Брюлемъ, разница $= 0.44\%$, но сильно отличающуюся отъ той, которую получилъ Кноръ, между тѣмъ величина Кнора какъ разъ отвѣчаетъ энольной формѣ этого вещества, для которой $MD = 430.81$, что составляетъ разницу 0.07% . Это обстоятельство наводитъ на мысль, что опредѣленія обоихъ авторовъ совершенно точны, разница же между ними объясняется тѣмъ, что одинъ имѣлъ дѣло съ нормальной формой вещества, а другой съ ея энольной, т. е. данное вещество, смотря по способу его полученія, можетъ являться въ разномъ состояніи и съ разнымъ строеніемъ; можно думать, что такихъ случаевъ, при болѣе близкомъ и тщательномъ изученіи, найдется не мало, особенно между такъ наз. таутомерными веществами. Въ двузамѣщенномъ ацетонѣ: диацетилацетонѣ $(CH_3CO)_2.CH.CO.CH_3 = C_7H_{10}O_3$ мы видимъ, благодаря значительному накопленію въ частицѣ кислорода, далеко пошедшій процессъ аллотропизаціи кислорода. Для этого вещества $(MD) = 522.24$ и $(MD)_1 = 590.72$, при аллотропії же двухъ атомовъ кислорода получимъ $(MD) = 538.49$ и трехъ — 510.43, т. е. диацетилацетонъ представляетъ смѣсь дигидраллоформы съ тригидраллоформой, для каковой вычисляется $(MD)_2 = 524.46$, что отличается отъ опытной величины на 0.42% . Т. о. строеніе этого вещества будетъ:



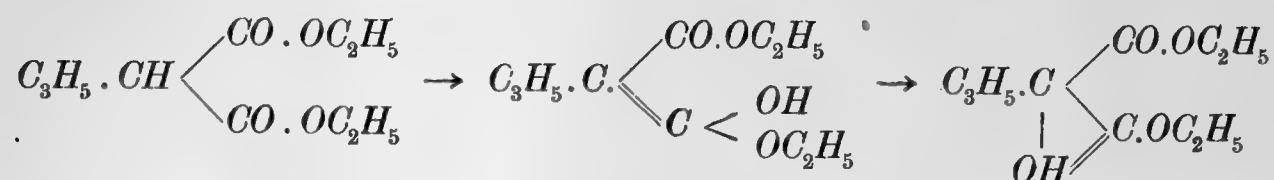
О строеніи эфировъ малоновой кислоты и замѣщенныхъ малоновыхъ кислотъ. Малоновая кислота $CH_2 < \begin{smallmatrix} COOR \\ COOR \end{smallmatrix}$, заключаая два атома водорода около обѣихъ карбоксильныхъ группъ, можетъ давать сама три ряда эфировъ: 1) нормальнаго строенія, 2) моноэнольной и 3) діэнольной формы, т. е.



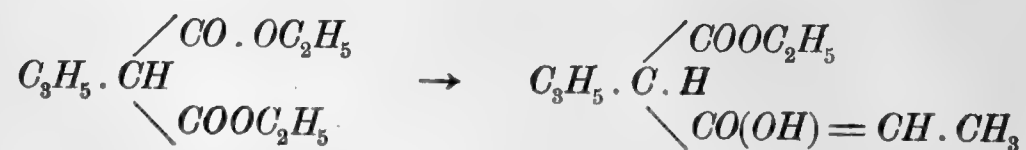
При замѣщеніи въ ней водорода въ группѣ CH_2 на тотъ или другой радикалъ это число уменьшается. При монозамѣщенныхъ мы будемъ имѣть только два случая: нормальной и моноэнольной формы:



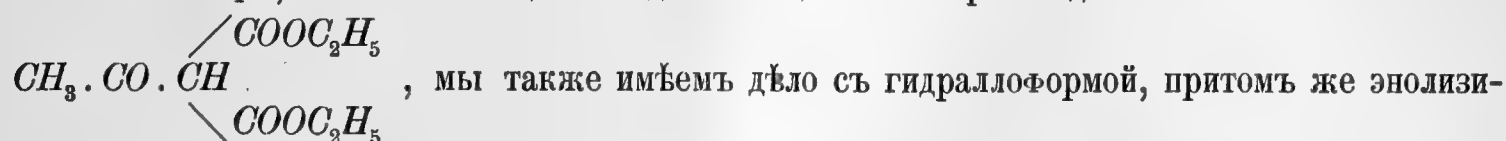
и при двузамѣщенныхъ уже только одну нормальную $\text{CR}_2'' < \begin{smallmatrix} \text{COOR} \\ \text{COOR} \end{smallmatrix}$, такъ какъ энолъ здѣсь образоваться не можетъ. Изъ числа соединений, представляющихъ эфиры самой малоновой кислоты и замѣщенныхъ малоновыхъ кислотъ, изслѣдованы слѣдующія: 1) метильный эфиръ малоновой кислоты $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_4$, 2) этильный эфиръ $\text{C}_7\text{H}_{12}\text{O}_4$, 3) этильный эфиръ аллилмалоновой кислоты $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}_4$, 4) таковой же аллилмалоновой $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_4$, 5) діамилмалоновой $\text{C}_{17}\text{H}_{30}\text{O}_4$, 6) ацетилмалоновой $\text{C}_9\text{H}_{14}\text{O}_5$, 7) этилацетилмалоновой $\text{C}_{11}\text{H}_{18}\text{O}_5$ и 8) діацетилмалоновой $\text{C}_{11}\text{H}_{16}\text{O}_6$. Что касается до перваго, т. е. малонаметильнаго эфира, то онъ оказывается имѣть полимерную форму и будетъ разсмотрѣнъ впослѣдствіи (см. гл. IV). Слѣдующій за нимъ малноэтильный эфиръ при обыкновенной температурѣ представляетъ смѣсь нормальной формы съ моноэнольной; для него $MD = 675.10$ и $(MD)_1 = 680.96$, для моноэнола же имѣемъ $(MD) = 670.32$, среднее $(MD)_2 = 675.64$ и отличается отъ опытной величины на 0.08%. При нагрѣваніи энолизація кислорода въ этомъ веществѣ увеличивается и при 80° его молекулярная плотность $MD = 871.75$, т. е. онъ представляетъ чистую моноэнольную форму, разница будетъ всего 0.20%. Переходя къ этильнымъ эфирамъ замѣщенныхъ малоновыхъ кислотъ, мы видимъ, во-первыхъ, что у аллилмалоновой кислоты замѣчается уже присутствіе аллотропированнаго кислорода. Для ея этильнаго эфира $MD = 779.62$ и $(MD)_1 = 798.13$, т. е. онъ долженъ бы быть діэноломъ, но такъ какъ второго энла по самому строенію этого вещества образоваться не можетъ, то кислородъ прямо аллотропируется, понятно чрезъ предварительную энолизацію. Здѣсь возможны два случая. Во-первыхъ, когда аллотропированію подвергнется кислородъ водяного остатка въ образовавшемся энолѣ, т. е.



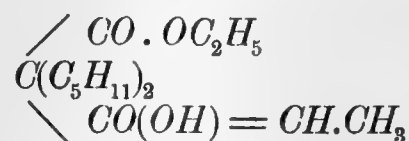
вычисляя послѣднюю формулу находимъ $(MD) = 770.07$, т. е. величину значительно отличающуюся отъ опытной, разница 1.23%. Если же мы возьмемъ второй возможный случай, когда будетъ аллотропироваться эфирный атомъ кислорода, также понятно послѣ предварительной энолизаціи (оба эти процесса здѣсь очевидно совпадаютъ), то получимъ



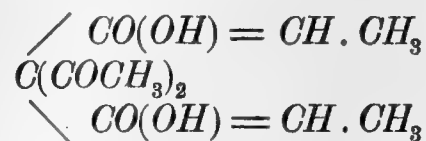
то найдемъ величину молекулярной плотности $(MD)_2 = 777.81$, вполне отвѣчающую полученной изъ опытныхъ данныхъ, разница всего 0.23%. То же самое мы видимъ въ аналогично построенномъ амилмалоново-этильномъ эфирѣ $C_{12}H_{22}O_4$, для котораго $MD = 864.01$ и $(MD)_1 = 889.13$. Вычисляя для него молекулярную плотность по предыдущему, находимъ $(MD)_2 = 868.16$, что разнится отъ опытной величины на 0.48%. Въ ацетилмалоновомъ эфирѣ, тоже являющемся однозамѣщеннымъ производнымъ малоновой кислоты



рованной. Для этого вещества $MD = 834.71$ и $(MD)_1 = 871.87$, для энора же гидраллоформы находимъ $(MD)_2 = 833.17$, т. е. разница съ опытной 0.18%. Въ эфирахъ двузамѣщенныхъ малоновыхъ кислотъ мы имѣемъ то же самое, т. е. гидраллоформу. Такъ для этильнаго эфира діамилмалоновой кислоты имѣемъ $MD = 1076.79$ и $(MD)_1 = 1097.30$. Гидраллоформа



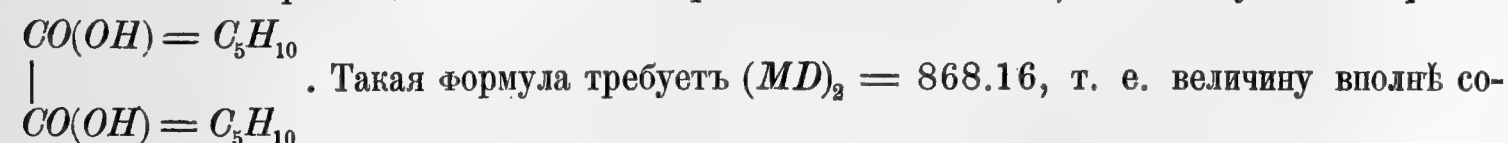
требуетъ $(MD) = 1082.82$, что разнится отъ опытной величины на 0.46%. Подобное же явленіе имѣетъ мѣсто и для этилацетил- и діацетилмалоновыхъ эфировъ, гдѣ для перваго находимъ смѣсь энора съ гидраллоформой, а для втораго дигидраллоформу, т. е. строеніе



О строеніи щавелевыхъ эфировъ. Въ то время какъ щавелевометильный эфиръ является въ полимерной формѣ (см. гл. IV), а этильный представляетъ нормальное строеніе, амильный несомнѣнно содержитъ аллотропированный кислородъ. Для него $MD = 861.46$,

а $(MD)_1 = 889.13$, но изъ формулы этого вещества $\begin{array}{c} CO \cdot OC_5H_{11} \\ | \\ CO \cdot OC_5H_{11} \end{array}$ очевидно, что энолизациі

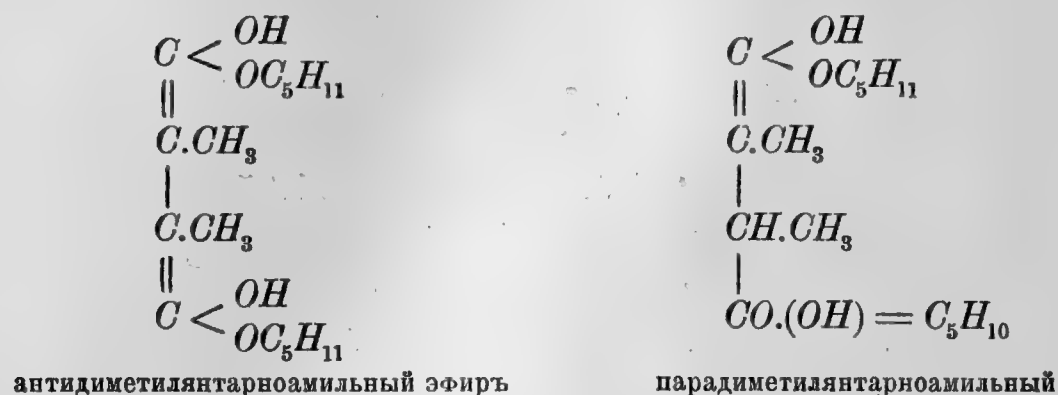
произойти не можетъ для карбонильнаго кислорода, почему таковая идетъ на счетъ эфирнаго атома и сопровождается т. о аллотропизаціей послѣдняго, т. е. получается строеніе



гласную съ опытной, разница 0.77%.

О строеніи амильныхъ эфировъ анти- и парадиметилантарныхъ кислотъ $C_{16}H_{30}O_4$. Эти два эфира, считающіеся стереоизомерами, имѣютъ величину молекулярной плотности $MD = 1034.11$ (антиэфиръ) и 1030.17 (параэфиръ) при $(MD)_1 = 1055.67$. Первый изъ

нихъ несомнѣнно представляетъ полный энолъ нормальнаго строения, для котораго вычисляемъ $(MD)_2 = 1034.39$, т. е. разнящуюся съ опытной на 0.02%, второй же есть энолъ гидраллоформы, въ которомъ аллотропированъ эфирный атомъ кислорода, для такового случая находимъ $(MD)_2 = 1029.55$, что отличается отъ опытной величины на 0.06%. Строение этихъ изомеровъ будетъ слѣдовательно таково

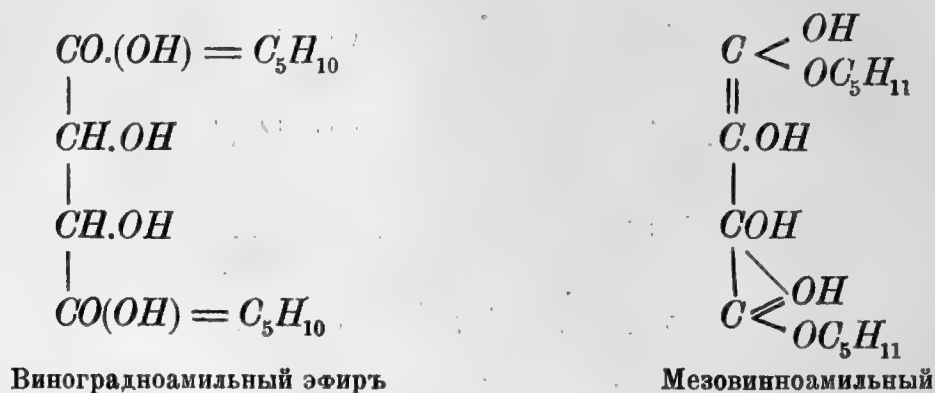


О строении амильныхъ эфировъ виноградной и мезовинной кислотъ $C_{14}H_{26}O_6$. Здѣсь мы имѣемъ явленіе весьма близкое къ тому, которое замѣчено выше у амильныхъ эфировъ диметилантарныхъ кислотъ: оба названныхъ эфира $C_{14}H_{26}O_6$, также считающіеся за стереоизомеры, оказываются содержащими кислородъ аллотропированнымъ, при чемъ въ одномъ (виноградной кислоты) этому процессу подвергся эфирный атомъ этого элемента, а въ другомъ (мезовинной кислоты) алкогольный¹⁾.

Для этихъ веществъ изъ опытныхъ данныхъ имѣемъ

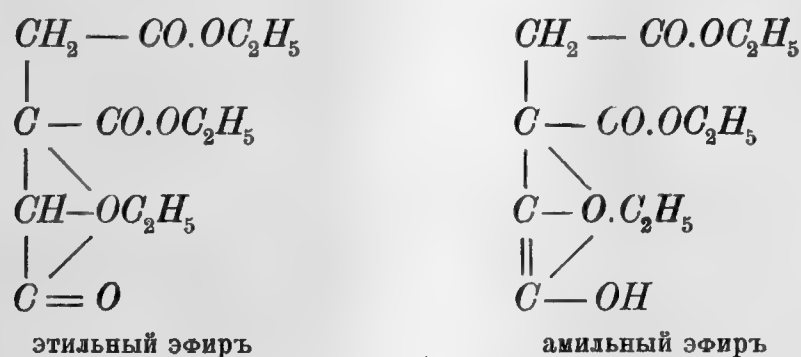
		MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Виноградноамильный эфиръ	$C_{14}H_{26}O_6$	1147.93	1181.88	1150.92	+2.99	0.26
Мезовинноамильный	»	1143.52	—	1143.18	—0.34	0.03.

Первый т. о. представляетъ β -гидраллоформу, а второй энолъ α -гидраллоформы, т. е. строение ихъ будетъ:



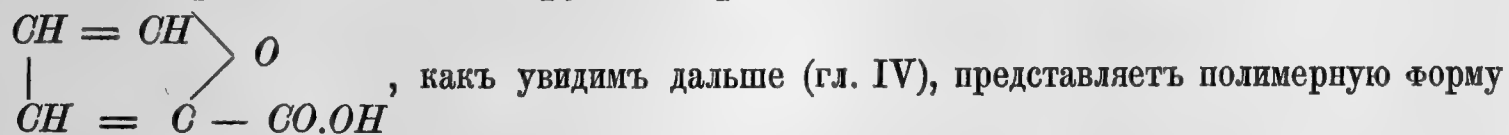
1) Въ обоихъ случаяхъ значитъ образуется гидраллоформа, чтобы отличить ихъ будемъ называть α -гидраллоформой ту, которая получается при аллотропії алкогольнаго атома кислорода, а ту, которая образуется при аллотропії эфирнаго — β -гидраллоформой.

О строеніи эфировъ аконитовой кислоты. Въ аконитовой кислотѣ $CO. OR. CH_2. (CCOOR) = CH. CO. OR$ благодаря присутствію двойной связи между углеродными атомами, аллотропизація кислорода идетъ обычнымъ путемъ, на счетъ этой двойной связи и въ эфирахъ ея имѣемъ дѣло съ эталлоформой. Для этильнаго мы имѣемъ $MD = 1050.86$ и $(MD)_1 = 1086.04$ и для эталлоформы $(MD)_2 = 1048.30$, что разнится съ опытной величиной на 0.24% . При амильномъ же эфирѣ, въ силу усложненія состава дѣло доходитъ до образованія энла эталлоформы. Для этого вещества $MD = 1413.60$ и $(MD)_1 = 1460.75$, эталлоформа требуетъ 1423.01 и ея энлъ $(MD)_2 = 1412.37$, т. е. величину разнящуюся отъ найденной изъ опытныхъ данныхъ на 0.08% . Строеніе этихъ эфировъ слѣдовательно будетъ



Возможно впрочемъ, что строеніе послѣдняго будетъ нѣсколько иное, если энлизациі будетъ подвергаться карбонильный кислородъ другой карбоксильной группы, а не той, въ которой аллотропированъ эфирный атомъ, т. е. здѣсь мыслимы изомерные случаи.

О строеніи соединенийъ группы пироксизеовой кислоты. Пироксизеовая кислота



нормальнаго строенія. Изъ числа ея эфировъ изслѣдованы Геннари метильный, этильный, нормальный и изопропильный и изобутильный; къ послѣднему примыкаетъ изомерный съ нимъ этильный эфиръ пиротритаровой кислоты, изслѣдованный Брюлемъ. Изъ опытныхъ данныхъ для этихъ веществъ имѣемъ:

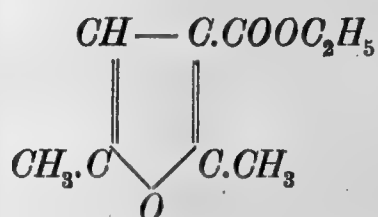
		<i>MD</i>	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Пироксизеовый метиль	$C_6H_6O_3$	516.28	514.28	—	—2.00	0.38
» этиль	$C_7H_8O_3$	551.00	555.92	548.18	—2.82	0.51
» наф. пропиль	$C_8H_{10}O_2$	589.11	597.55	589.81	+0.70	0.12
» изопропилъ	—	577.76	—	582.07	+4.31	0.74
» изобутиль	$C_9H_{12}O_3$	627.92	639.18	623.70	—4.22	0.67
Пиротритаровый этиль	—	632.53	—	631.44	—1.09	0.17

Изъ этой таблицы видно, что только одинъ метильный эфиръ этой кислоты представляетъ нормальное строеніе, всѣ же остальные, судя по разности между ихъ опытной и вычисленной величинами молекулярной плотности, должны были бы быть энлами нормаль-

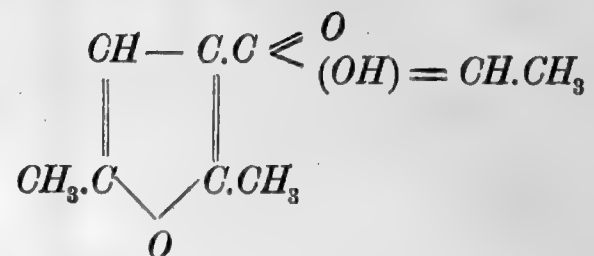
ной формы, но по строению пироглиевой кислоты очевидно, что обычная энолизация карбонильнаго кислорода здѣсь произойти не можетъ, по отсутствію подходящаго атома водорода. Такой процессъ возможенъ только для эфирнаго атома этого элемента въ группѣ $\text{—}\overset{\text{CH}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}>\text{O}$, при чемъ энолизация его будетъ сопровождаться одновременно и его аллотропизаціей, т. е. эта группа будетъ имѣть строение $\text{—}\overset{\text{C}}{\underset{\text{C}}{\text{C}}}\gg\text{OH}$. Подобный же процессъ возможенъ и для эфирнаго атома кислорода въ карбоксильной группѣ, которая тогда получитъ строение $\overset{\text{O}}{\text{C}}\text{—}(\text{OH}) = (\text{R—H})$. Въ томъ и другомъ случаѣ очевидно величина молекулярной плотности будетъ одинакова, именно для

этильнаго	эфира	(MD) = 540.40
пропильнаго	»	= 582.07
бутильнаго	»	= 623.70.

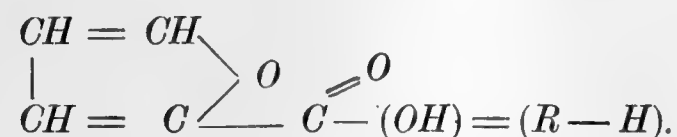
Эти числа, какъ видно, подходятъ только для эфировъ изопропильнаго и изобутильнаго, этильный же и нормальный пропильный очевидно представляютъ смѣси нормальной формы съ гидраллоформой. Вычисленныя въ такомъ предположеніи величины молекулярной плотности $(MD)_2$ этихъ веществъ, какъ явствуетъ изъ приведенной таблицы, хорошо согласуются съ полученными изъ опытныхъ данныхъ. Изомерный пироглиево-изобутильному эфиру этильный эфиръ пиротритаровой кислоты



имѣетъ $MD = 632.53$ и $(MD)_1 = 639.18$ и очевидно представляетъ смѣсь нормальной формы съ гидраллоформой, для каковой $(MD) = 623.70$, среднее $(MD)_2 = 631.44$ отличается отъ опытной величины всего на 0.17%. Здѣсь уже очевидно, каково должно быть строение этого вещества, такъ какъ въ немъ подвергаться энолизации можетъ только эфирный атомъ кислорода карбоксильной группы, кислородъ же группы $\text{—}\overset{\text{C}}{\underset{\text{C}}{\text{C}}}>\text{O}$ такому процессу не подлежитъ по отсутствію вблизи подходящаго атома водорода, т. о. строение пиротритароваго этила будетъ

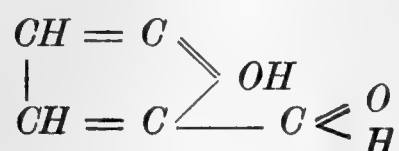


откуда естественно заключить, что аналогичнымъ будетъ и строение эфировъ пироглизовой кислоты, т. е. въ нихъ четырехатомное состояніе будетъ имѣть мѣсто для эфирнаго же атома кислорода карбоксильной группы, т. е. они будутъ имѣть строение

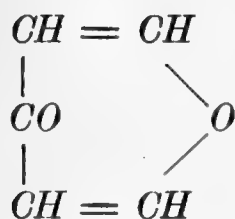


Въ близкомъ отношеніи къ пироглизовой кислотѣ, являясь ея альдегидомъ, стоитъ фур-
фуrolъ $\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_2$, которому придается строение $\begin{array}{c} \text{CH} = \text{C} \\ | \\ \text{CH} = \text{C} \end{array} \begin{array}{c} \diagup \text{O} \\ \diagdown \end{array} \text{C} \leq \begin{array}{c} \text{O} \\ \text{H} \end{array}$. Молекулярная плот-

ность этого вещества $MD = 361.59$, а вычисленная изъ предыдущей формулы $(MD)_1 = 375.65$. Сравнительно малая разниа между обѣими величинами показываетъ, что процессъ аллотропизаціи произошелъ здѣсь вслѣдствіе энолизаціи эфирнаго кислорода въ группѣ $\begin{array}{c} \text{CH} \\ \text{C} \end{array} \geq \text{O}$ и превращенія ея въ $\begin{array}{c} \text{C} \\ \text{C} \end{array} \geq \text{OH}$. Вычисленная въ такомъ предположеніи величина молекулярной плотности $(MD)_2$ оказывается $= 360.17$, т. е. отличается отъ опытной на 0.40% , т. е. строение фурфурола будетъ:



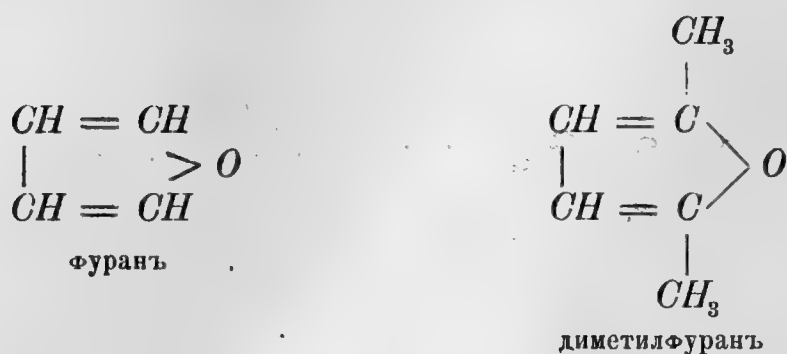
Изомерный ему γ — пиронъ



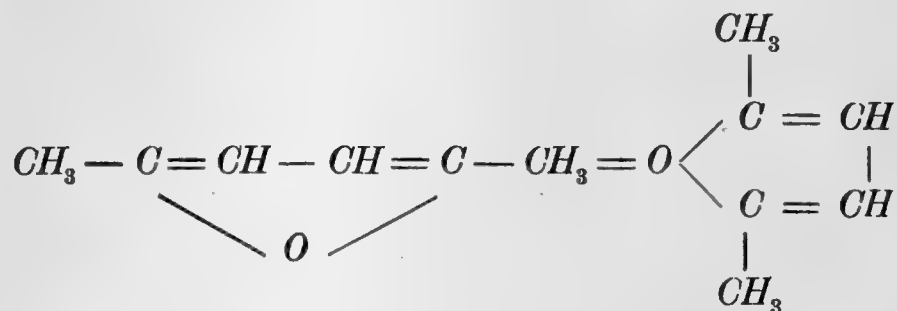
имѣющій $MD = 872.99$ оказывается тѣломъ, представляющимъ нормальное строение. Вычисленная для него изъ приведенной формулы величина $(MD)_1 = 375.65$, т. е. разнится отъ опытной на 0.70% . Относящійся же къ этой группѣ соединений фуриловый

спиртъ $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2 = \begin{array}{c} \text{CH} = \text{CH} \\ | \\ \text{CH} = \text{C} \end{array} \begin{array}{c} \diagup \text{O} \\ \diagdown \end{array} \text{CH}_2\text{OH}$ является полимерной формой нормального

строения и будетъ рассмотрѣнъ дальше, а здѣсь мы скажемъ еще нѣсколько словъ о фуранѣ и его гомологѣ диметилфуранѣ, которымъ нынѣ придается строение



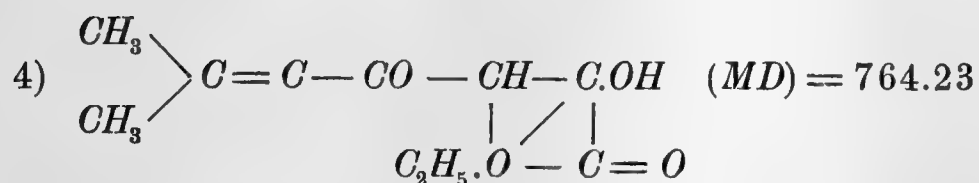
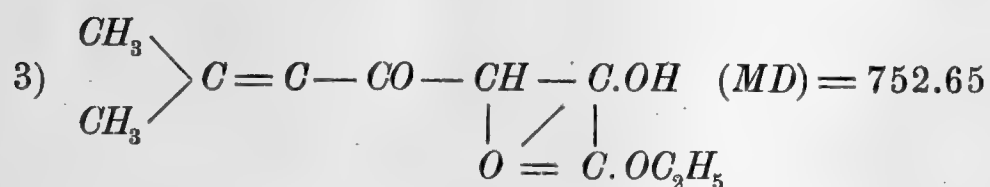
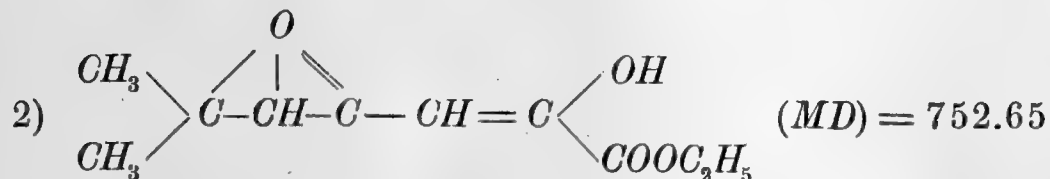
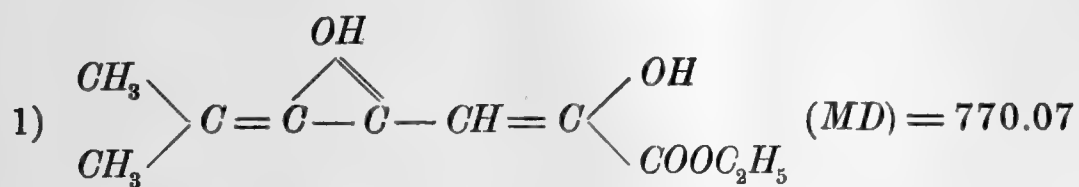
которые требуютъ величины молекулярной плотности $(MD)_1 = 226.37$ и 309.63 , тогда какъ изъ опытныхъ данныхъ для этихъ веществъ найдено $MD = 249.33$ и 320.61 , т. е. величины *много большія*, при чемъ разница для фурана настолько велика, что объяснить ее одной полимеріей частицы не возможно и приходится допустить, что въ немъ находится замкнутая цѣпь углеродныхъ атомовъ. Вышеприведенное строеніе этихъ веществъ опирается главнымъ образомъ на образование диметилфурана изъ ацетонилацетона. Предполагается, что первоначально послѣдній энолизируется: $\text{CH}_3 \cdot \text{C}(\text{OH}) = \text{CH} - \text{CH} = \text{C}(\text{OH})\text{CH}_3$ и такой эноль, теряя элементы воды, даетъ диметилфуранъ



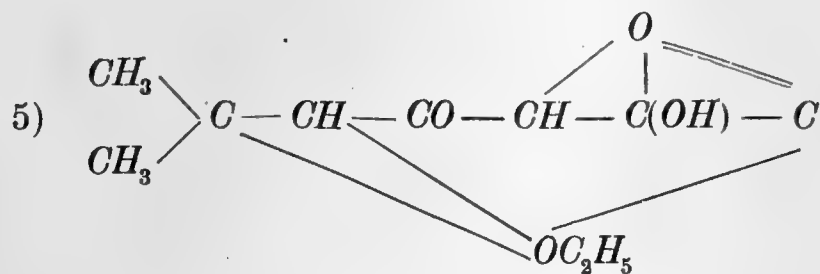
И дѣйствительно такая формула для диметилфурана вполне подтверждается изслѣдованіемъ его молекулярной плотности, если принять, что диметилфуранъ, какъ увидимъ ниже, представляетъ двуполимерную частицу, самъ же фуранъ отличается отъ него по строенію, заключая группировку углеродныхъ атомовъ.

О строеніи α -мезитилщавелеваго эфира $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_4$. Изученіе молекулярной плотности этого вещества, недавно изслѣдованнаго Брюлемъ, представляетъ весьма большой интересъ, такъ какъ открываетъ новые горизонты въ нашемъ вопросѣ. Вещество это имѣетъ составъ $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_4$ и ему приписывается строеніе $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ > \text{C} = \text{CH} - \text{CO} - \text{CH} = \text{C} < \end{array} \begin{array}{c} \text{OH} \\ \text{COOC}_2\text{H}_5 \end{array}$; оно извѣстно въ двухъ видоизмѣненіяхъ, отличающихся по точкѣ плавленія: α -эфиръ плавится при 20° , $\alpha\beta$ -эфиръ при 60° . При изслѣдованіи перваго въ однородномъ, расплавленномъ состояніи, получено $MD = 686.17$, тогда какъ вычисленная изъ предыдущей формулы величина $(MD)_1$ оказывается $= 798.13$, т. е. на много больше, откуда очевидно, что въ этомъ веществѣ аллотропированъ не одинъ, а нѣсколько атомовъ кислорода. Такой процессъ здѣсь можетъ идти или на счетъ карбонильнаго атома этого элемента въ остаткѣ окиси мезитила или на счетъ кислорода въ карбоксильной группѣ. При аллотропіи перваго изъ

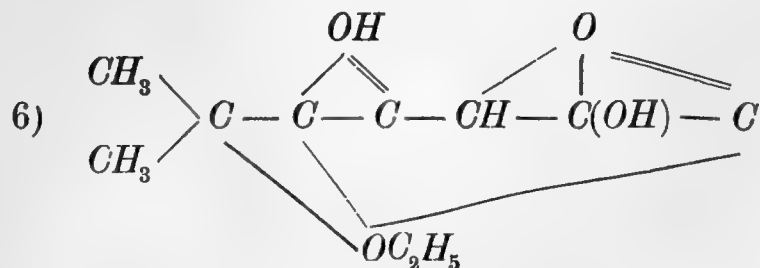
нихъ получимъ два случая, а также два и при аллотропіи карбоксильнаго кислорода: эталло- и кеталлоформу, т. е. будемъ имѣть:



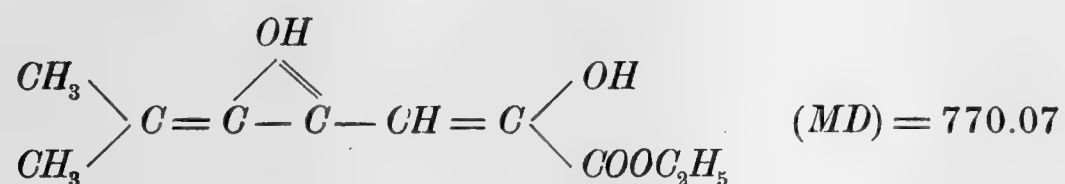
Очевидно, что во всѣхъ этихъ случаяхъ получаются величины слишкомъ большія и въ мезитилщавелевомъ эфирѣ долженъ быть не одинъ атомъ кислорода въ четырехатомномъ состояніи, а больше. При комбинаціи 3)-го и 4)-го случая получаемъ



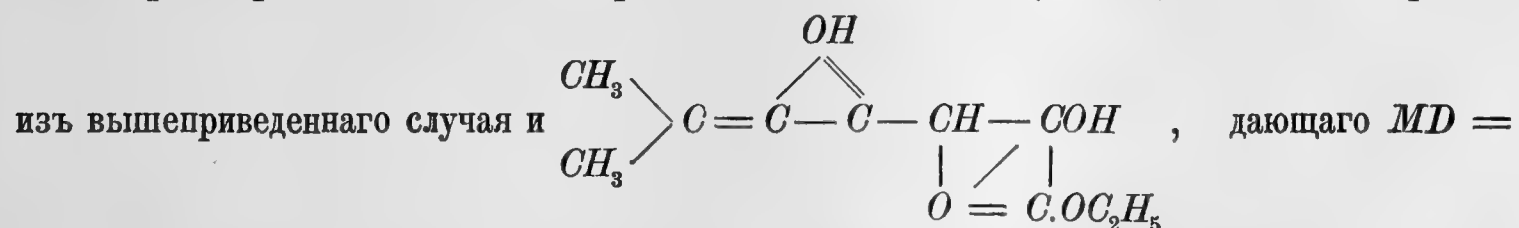
такая формула даетъ $(MD) = 712.03$, т. е. все еще величину слишкомъ высокую, послѣ чего остается предположить, что и третій атомъ кислорода въ этомъ веществѣ также аллотропированъ, тогда строеніе нашего тѣла будетъ



ВЪ ЭТИХЪ ВЕЩЕСТВАХЪ α -МЕЗИТИЛЩАВЕЛЕВАГО ЭФИРА ПРОИСХОДИТЬ ВЪ ПОСЛѢДНЕМЪ ПЕРВОНАЧАЛЬНО МАКСИМАЛЬНОЕ УВЕЛИЧЕНІЕ АКТИВНОСТИ КИСЛОРОДА, КОТОРОЕ ПРИ СТОЯНІИ РАСТВОРА ПОСТЕПЕННО УМЕНЬШАЕТСЯ И ЭТОТЪ ЭЛЕМЕНТЪ НЕ ТОЛЬКО ПЕРЕХОДИТЬ ИЗЪ ШЕСТИАТОМНАГО СОСТОЯНІЯ ВЪ ЧЕТЫРЕХАТОМНОЕ, НО И ТАКОВОЕ ОСЛАБѢВАЕТЪ, ТАКЪ КАКЪ ВЪ ТАКИХЪ ПОСТОЯВШИХЪ РАСТВОРАХЪ ВЪ α -МЕЗИТИЛЩАВЕЛЕВОМЪ ЭФИРѢ ОКАЗЫВАЮТСЯ АЛЛОТРОПИРОВАННЫМИ НЕ ВСѢ ТРИ, А МЕНЬШЕ, АТОМОВЪ КИСЛОРОДА. ТАКЪ ПОСЛѢ 82-ХДНЕВНАГО СТОЯНІЯ ЭТИЛЬНО-СПИРТОВАГО РАСТВОРА ОКАЗЫВАЕТСЯ, ЧТО РАСТВОРЕННЫЙ ВЪ НЕМЪ МЕЗИТИЛЩАВЕЛЕВЫЙ ЭФИРЪ ИМѢЕТЪ ВЕЛИЧИНУ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ПЛОТНОСТИ $MD = 766.85$, ЧТО ОТВѢЧАЕТЪ АЛЛОТРОПІИ ВЪ НЕМЪ ТОЛЬКО ОДНОГО АТОМА КИСЛОРОДА, ВЪ ОСТАТКѢ ОКИСИ МЕЗИТИЛА, Т. Е. ОНЪ ТЕПЕРЬ ИМѢЕТЪ СТРОЕНІЕ:



т. е. разни́ца съ опытно́й величи́ной всего на 0.42%. Точно такъ же послѣ 61-дневнаго стоянія растворъ въ метильномъ спиртѣ далъ $MD = 745.20$, что представляетъ среднее

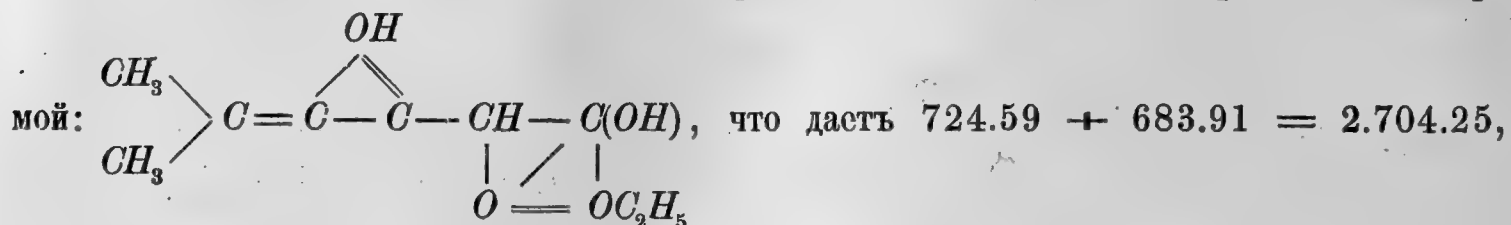


$= 724.59$; среднее $(MD)_2 = 747.33$, т. е. отличается от опытной величины на 0.28% . Т. о. дезаллотропия кислорода здесь как бы меньше, но нужно принять во внимание, что метильно-спиртовый раствор был исследован после 61 дня, а этильно-спиртовый через 82 дня после приготовления. Подобное же явление мы замечаем и для растворов в других веществах. Так в свежеприготовленных растворах в бензоле и сероуглероде α -мезитилщавелевый эфир имеет величину молекулярной плотности отвечающую той, которую имеет он в однородном, расплавленном состоянии, каковая $MD = 686.17$

Изъ раствора въ	C_6H_6	$MD = 691.82$
»	CS_2	» $= 688.45$
»	$C_{10}H_7Bv$	» $= 705.88.$

При стояніи эта величина начинаетъ увеличиваться и послѣ 60 дней въ бензольномъ растворѣ получается $MD = 704.87$, а послѣ 77 дней въ сѣроуглеродномъ $= 711.20$. Точно такъ же растворъ въ бромонафталинѣ послѣ 67 дней далъ величину $MD = 714.80$, вліяніе болѣе продолжительнаго стоянія къ сожалѣнію не изучалось Брюлемъ, но изъ этихъ данныхъ видно, что и здѣсь происходитъ постепенно дезаллотропизація кислорода въ α -мезитилщавелевомъ эфирѣ. Очевидно, что таковая въ свѣжеприготовленныхъ растворахъ въ CS_2 и C_6H_6 едва началась, послѣ 77 и 60-дневнаго стоянія, а въ бромонафталинѣ тотъ-

часть по раствореніи она доходитъ уже до образованія смѣси нормальной формы съ діаллофор-

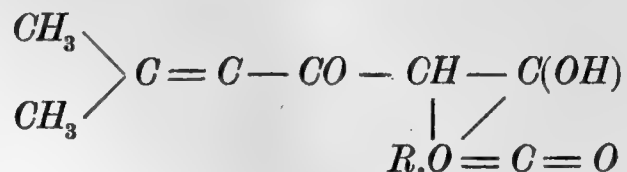


т. е. отличается отъ опытныхъ данныхъ для раствора въ бромонафталинѣ (свѣже приготовленномъ) на 0.23%, а для 60-дневнаго раствора въ бензолѣ на 0.08%. При дальнѣйшемъ стояніи очевидно дѣло дошло бы до образованія чистой діаллоформы съ $MD = 724.59$, на что указываютъ величины молекулярной плотности 77-дневнаго раствора въ CS_2 , которая $= 711.20$ и 67-дневнаго въ бромонафталинѣ, дающаго $MD = 714.80$. Изъ этихъ данныхъ несомнѣнно явствуется, какъ велико вліяніе растворителя на растворяющееся вещество, и несомнѣнно вытекаетъ заключеніе, что въ случаяхъ растворенія мы имѣемъ дѣло не съ механическимъ процессомъ, а съ взаимодействіемъ раствореннаго тѣла съ растворителемъ, со взаимодействіемъ, характеръ и результатъ котораго существенно зависятъ отъ химической природы обоихъ взаимодействующихъ тѣлъ; очевидно здѣсь мы встрѣчаемся съ новой областью для изслѣдованія, обещающаго пролить болѣе яркій свѣтъ на природу растворовъ и самый процессъ растворенія.

Кромѣ α -мезитилщавелево-этильнаго эфира изслѣдованъ Брюлемъ также α -мезитилщавелево-метильный эфиръ, для котораго повидимому повторяется все то, что мы видѣли для этильнаго; по крайней мѣрѣ по имѣющимся для его свѣжеприготовленнаго раствора въ CHNO_3 даннымъ находимъ, что молекулярная плотность его $MD = 632.95$, т. е. представляетъ среднюю величину для полной четырехатомной ($= 642.32$) и шестиатомной ($= 626.84$), такъ какъ таковая $(MD)_2 = 633.53$, т. е. разнится отъ нея на 0.09%. Изомерные предыдущимъ β -мезитилщавелево-этильный и метильный эфиры также пока изслѣдованы только въ хлороформенныхъ растворахъ, для которыхъ найдено:

	MD	$(MD)_2$	Diff.	въ %
β -мезитилщавелево-этильный	761.54	765.23	+3.69	0.48
» метильный	724.98	723.60	-1.38	0.19.

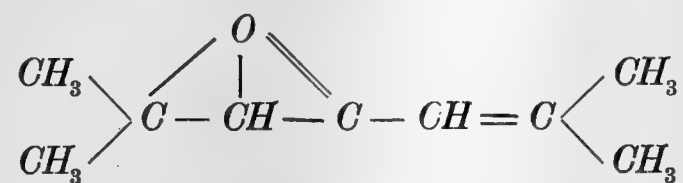
Обѣ эти величины прекрасно согласуются съ вычисленными для эталлоформы $(MD)_2$



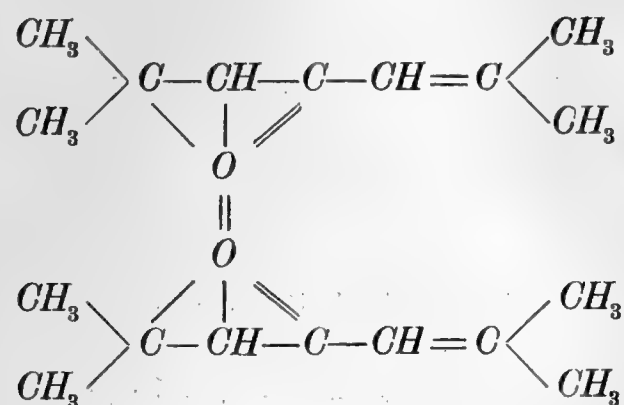
чѣмъ и объясняется ихъ изомерія съ α -эфирами.

О строеніи форона. Какъ извѣстно, при конденсаціи ацетона, сопровождающейся выдѣленіемъ воды изъ двухъ или болѣе частицъ этого вещества, образуется окись мезитила

$C_8H_{10}O$ и фороны $C_9H_{14}O$. Первая представляет изъ себя непредѣльный кетонъ строенія $\frac{CH_3}{CH_3} > C = CH - CO - CH_3$; опытная величина молекулярной плотности для него $MD = 316.49$, вычисленная же изъ предыдущей формулы $(MD)_1 = 326.07$, т. е. окись метила представляет энолъ нормальнаго строенія и имѣетъ формулу $\frac{CH_3}{CH_3} > C = CH - C(OH) = CH_3$, которая требуетъ $(MD)_2 = 316.43$, т. е. величину въ точности отвѣчающую полученной изъ опытныхъ данныхъ, разница $= 0,01\%$. Форонъ также считается непредѣльнымъ кетономъ: $\frac{CH_3}{CH_3} > C = CH - CO - CH = C < \frac{CH_3}{CH_3}$. Опытная величина для него $MD = 415.24$, по согласнымъ наблюденіямъ Брюля и моимъ, изслѣдовавшимъ это вещество въ однородномъ расплавленномъ состояніи, между тѣмъ изъ вышеприведенной формулы вычисляется для этого вещества $(MD)_1 = 443.23$, т. е. величина много большая, указывающая на аллотропическое состояніе въ немъ кислорода. Принимая таковое, найдемъ, что строеніе форона должно будетъ выразиться формулой

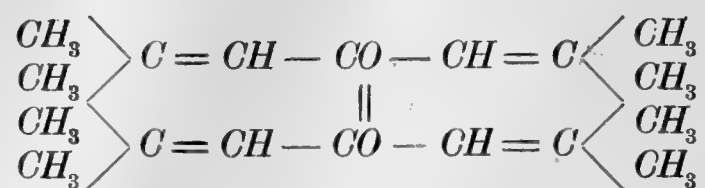


каковая даетъ $(MD) = 401.63$, т. е. величину слишкомъ малую, но разница съ опытной (13.61) такова, что всего скорѣе указываетъ на полимерное состояніе вещества, которое здѣсь возможно только на счетъ превращенія четырехатомнаго кислорода въ шестиатомный, т. е. строеніе форона должно быть:



и дѣйствительно, такая формула даетъ $(MD)_2 = 2.412.48$, т. е. величину отличающуюся отъ опытной на 0.67% . Подтвержденіемъ справедливости этого взгляда служитъ изслѣдованіе форона въ бензольномъ растворѣ, произведенное мною. Для 14.49% раствора этого вещества въ бензолѣ, имѣвшемъ $D = 2.985$, получилось $n = 1.50072$ и $d = 0.879.92$, откуда находимъ для раствореннаго форона $D = 3.4016$ и $MD = 459.42$, т. е. величину

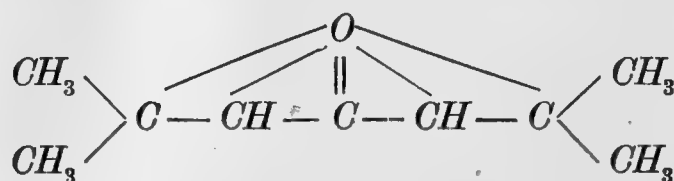
много большую, чѣмъ получилась для однороднаго вещества, принимая же, что это вещество полимеризовано, т. е. имѣетъ строеніе



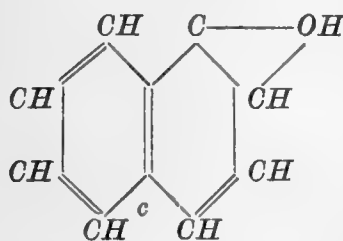
находимъ $(MD)_2 = 456.03.7$, т. е. величину, отличающуюся отъ опытной на 0,74%. Т. о. оказывается, что при расплавленіи форона происходитъ уже въ немъ аллотропизація кислорода. Въ спиртовомъ растворѣ этотъ процессъ идетъ еще дальше и въ таковомъ видѣ фороны оказываются содержащимъ уже шестиатомный кислородъ. Исслѣдованія, произведенныя по моей просьбѣ А. Н. Щербаковымъ для 14.48% раствора форона въ спиртѣ, дали

	$d_{20}^{20}/4$	n_D^{20}
Употребленный спиртъ	0.78988	1.36119
14.48% растворъ	0.80368	1.38460

откуда для раствореннаго вещества вычисляемъ $D = 2.6305$ и $MD = 363.00$, что хорошо согласуется съ предположеніемъ о шестиатомности кислорода въ этомъ тѣлѣ, для какового находимъ $(MD)_2 = 361.00$, т. е. величину, разнящуюся отъ предыдущей на 0.55%. Т. о. строеніе форона, раствореннаго въ этильномъ спиртѣ, будетъ



О строеніи нафтоловъ. Совершенно такое же явленіе превращенія кислорода въ шестиатомное состояніе при раствореніи даннаго тѣла въ спиртѣ мы видимъ и при нафтолахъ. Исслѣдованіе метил-, пропил- и амил- α -нафтоловъ показываетъ, что эти вещества въ однородномъ, жидкомъ состояніи при обыкновенныхъ условіяхъ температуры имѣютъ нормальное строеніе, выражаемое общепринятыми для нихъ формулами, то же самое нужно сказать объ амил- β -нафтолѣ, который имѣетъ величину молекулярной плотности почти одинаковую съ той, которая принадлежитъ амил- α -нафтолу (656.13 и 656.00), т. е. изомерія этихъ веществъ, а слѣдовательно и всѣхъ другихъ α - и β -нафтоловъ дѣйствительно объясняется только различнымъ положеніемъ въ ихъ частицѣ водяного остатка. α -нафтолъ, высоко плавящійся, былъ изслѣдованъ при 98°7, вслѣдствіе чего для него наблюдается уже измѣненіе строенія, зависящее отъ аллотропіи въ немъ кислорода. Для этого вещества при 98°7 величина молекулярной плотности $MD = 448.16$, вычисленная же изъ формулы $C_{10}H_8O$ $(MD)_1 = 452.96$, для гидраллоформы



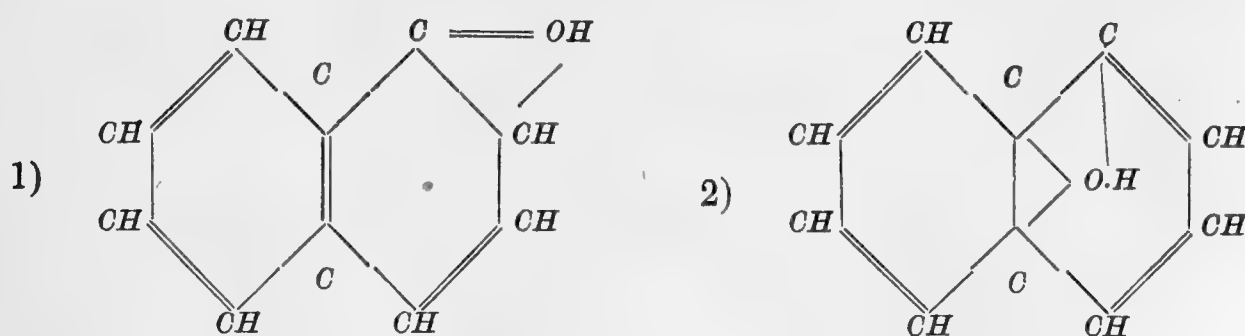
вычисляемъ $(MD) = 439.42$, среднее съ нормальной величиной будетъ $(MD)_2 = 446.19$, т. е. отличается отъ опытной величины на 0.44% , т. е. α -нафтолъ при $98^\circ 7$ состоитъ на половину изъ частицъ нормальнаго строенія, на половину изъ содержащихъ аллотропированный кислородъ. При изслѣдованіи α - и β -нафтоловъ въ бензольномъ растворѣ оказалось, что оба нафтола находятся въ неизмѣненномъ состояніи, представляютъ нормальное строеніе и имѣютъ оба почти одинаковую величину молекулярной плотности. Для такихъ растворовъ мною получено (D для бензола $= 2.985$).

	%	d_{21}^{21}	n_D^{21}	D'	D	MD	$(MD)_1$	Diff.	въ %
α -нафтолъ	4.56	0.8937	1.50904	3.3489	3.1585	454.82	452.96	—1.86	0.41
β -нафтолъ	2.54	0.8876	1.50560	3.3680	3.1614	455.24	—	—2.28	0.50

Совершенно иное получается для растворовъ въ этильномъ спиртѣ, для котораго $D = 3.5817$

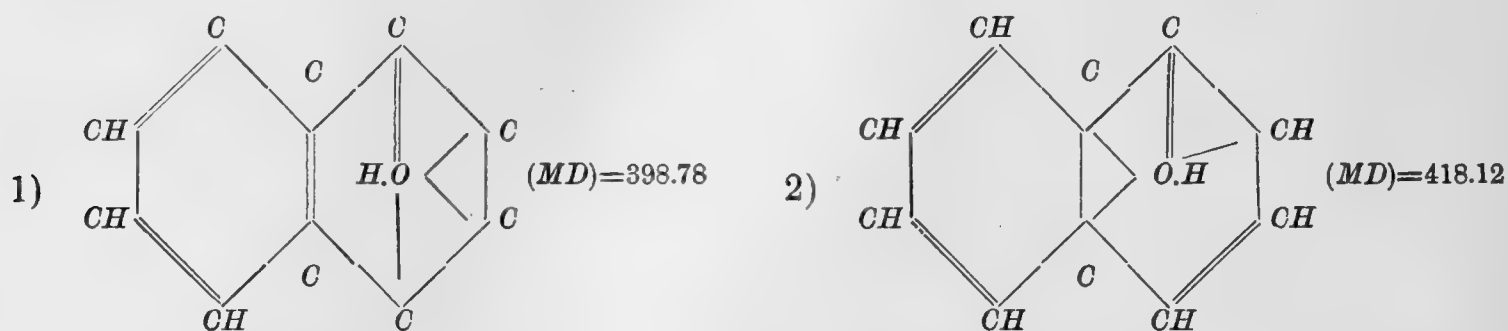
	%	d_{21}^{21}	n_D^{21}	D'	D	MD	$(MD)_1$	Diff.	въ %
α -нафтолъ	8.60	0.81700	1.38044	3.5233	2.9036	418.11	418.12	0.01	0
β -нафтолъ	11.18	0.82488	1.38675	3.5057	2.9022	417.91	—	0.21	0.05.

Какъ видно изъ этихъ данныхъ, опытыя величины молекулярной плотности для обоихъ нафтоловъ получились и здѣсь, какъ и изъ бензольныхъ растворовъ, одинаковыми, что указываетъ на то, что изомерія ихъ объясняется дѣйствительно только различнымъ положеніемъ водяного остатка, но обѣ эти величины сильно разнятся отъ теоретически вычисленной $= 452.96$, т. е. въ этихъ веществахъ при раствореніи въ спиртѣ кислородъ сильно аллотропируется. Полагая, что превращеніе его дошло только до четырехатомнаго состоянія, мы получимъ два возможныхъ случая строенія для α -нафтола ¹⁾



1) Не привожу таковыхъ же для β -изомера, такъ какъ это было бы простымъ повтореніемъ.
Зап. Физ.-Мат. Отд.

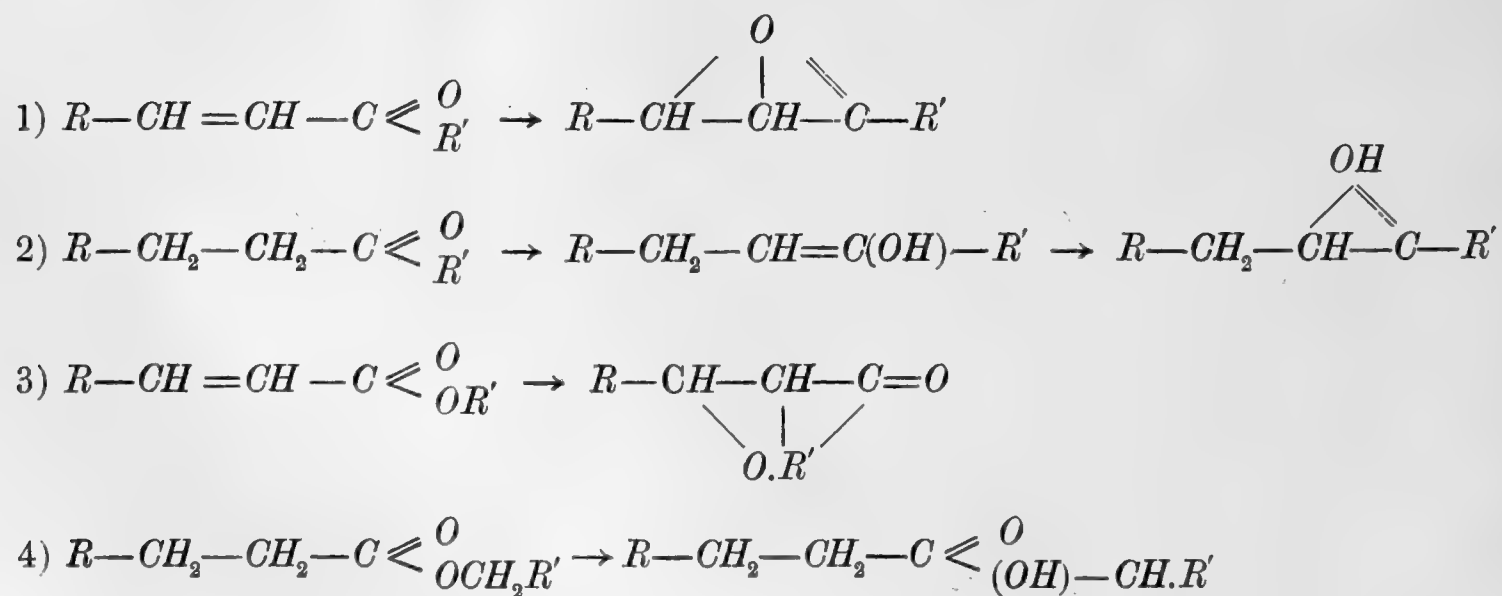
Въ первомъ случаѣ въ аллотропіи кислорода приняла участіе обыкновенная двойная связь между углеродными атомами, а во второмъ — центральная, нафтолинно-этиленная. Для перваго вычисляемъ $(MD) = 439.42$, а для втораго 458.74 , т. е. величины не согласующіяся съ полученными изъ опытныхъ данныхъ, принявъ же, что аллотропія дошла до превращенія кислорода въ шестиатомное состояніе, найдемъ, что строеніе нафтола будетъ:

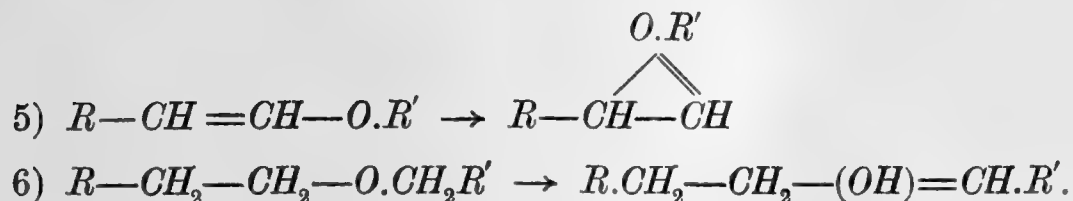


Послѣдняя величина очевидно совпадаетъ съ опытной и т. о. несомнѣнно, что въ нафтолахъ, растворенныхъ въ этильномъ спиртѣ, кислородъ находится въ шестиатомномъ состояніи, при чемъ въ этомъ превращеніи приняли участіе двѣ двойныхъ связи между углеродными атомами: одна обыкновенная этиленная, а другая центральная, нафтолинно-этиленная.

Такимъ образомъ изученіе молекулярной плотности самыхъ разнообразныхъ веществъ, относящихся къ самымъ различнымъ типамъ химическихъ соединенийъ, приводитъ насъ къ необходимости допустить возможность измѣненія въ нихъ атомности кислорода, — превращеніе его въ аллотропическое состояніе, при чемъ этотъ элементъ изъ двухатомнаго, каковымъ онъ обычно считается и проявляется, становится четырех- и даже шестиатомнымъ; превращеніе это всегда сопровождается или уничтоженіемъ двойной связи между углеродными атомами, если таковая уже имѣется въ частицѣ, или первоначальнымъ установленіемъ ея, если она отсутствуетъ, послѣднее всегда сопровождается энолизацией кислорода.

Главнѣйшіе типы такого превращенія будутъ



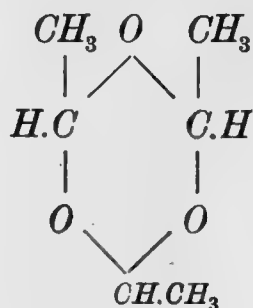


Кромѣ такихъ случаевъ аллотропіи кислорода, оказывается, имѣется еще одинъ — именно тотъ, когда вновь проявившіяся двѣ единицы сродства его атома идутъ на соединеніе не съ углеродомъ или водородомъ, а съ другимъ атомомъ этого же элемента. Такое явленіе сопровождается полимеризаціей вещества, къ которой мы теперь и перейдемъ.

Глава четвертая.

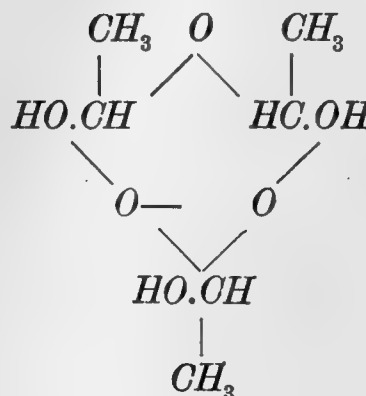
О полимерной формѣ кислородныхъ соединений.

Процессъ полимеризаціи органическихъ соединений до сихъ поръ изученъ очень мало и относительно его имѣются только смутныя представленія. Едва ли я ошибусь, если скажу, что только превращеніе уксуснаго альдегида въ паральдегидъ выяснено съ достаточной точностью; какъ извѣстно, при этомъ предполагается, что уплотненіе частицы альдегида происходитъ на счетъ кислородныхъ атомовъ, изъ которыхъ каждый остается соединеннымъ съ углеродомъ въ одной частицѣ только одной единицей своего сродства, второй же соединяется съ кислороднымъ же атомомъ другой частицы и т. д., пока не получится частица $C_6H_{12}O_3$, въ которой имѣется круговая связь изъ трехъ углеродныхъ и трехъ кислородныхъ атомовъ.



Образовавшееся полимерное видоизмѣненіе уксуснаго альдегида представляетъ рѣзкія отличія отъ послѣдняго, какъ въ своихъ физическихъ свойствахъ (болѣе высокая температура кипѣнія, болѣе удѣльный вѣсъ, кристаллическое состояніе при обыкновенной температурѣ), такъ въ химическомъ отношеніи, но оно очень легко переходитъ обратно въ первоначальное вещество, такой переходъ происходитъ отчасти уже при простой перегонкѣ. Указанный случай образованія полимера для уксуснаго альдегида не является единичнымъ, совершенно такое же явленіе мы наблюдаемъ для уксусной кислоты, изучая ея молекулярную плотность; таковая для частицы со строеніемъ $CH_3.C \leq \overset{O}{OH}$ должна быть $(MD)_1 =$

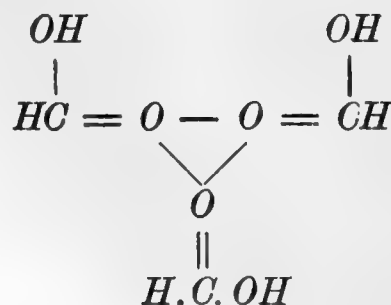
$= 272.01$, между тѣмъ опыты изслѣдованія даютъ величину много большую, именно $MD = 276.68$, что указываетъ на полимерное состояніе этого вещества. Полагая, что здѣсь полимеризація идетъ такимъ же путемъ, какъ и для уксуснаго альдегида и также доходитъ до образованія тройной частицы, мы получимъ для уксусной кислоты формулу



Вычисляя по ней величину молекулярной плотности

$$\begin{array}{r}
 C_6 + H_{12} + O_6 = 856.54 \\
 30^1 = -23.22 \\
 \hline
 833.32 = 3.277.74
 \end{array}$$

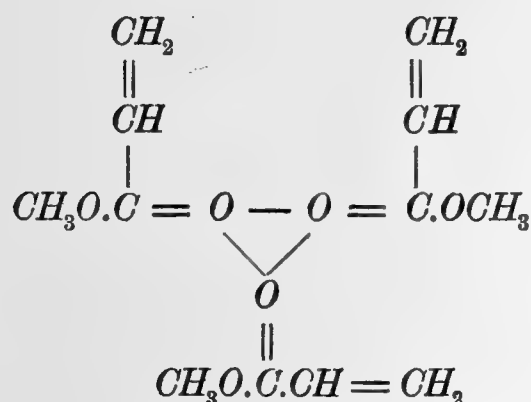
т. е. полное согласіе съ опытными данными, разница всего 0.38% . Т. о. уксусная кислота, подобно своему альдегиду, представляетъ триполимеръ, образовавшійся на счетъ двухатомнаго кислорода, ставшаго соединительнымъ звеномъ между тремя углеродными атомами въ трехъ частицахъ уксусной кислоты. Но если мы теперь обратимся къ ближайшему гомологу этого вещества, къ кислотѣ муравейной, то увидимъ, что указанный механизмъ уплотненія при образованіи полимерной частицы не является единственнымъ способомъ полимеризаціи, а что кромѣ его имѣется еще одинъ, основанный на переходѣ кислорода изъ двухатомнаго въ четырехатомное состояніе. Для муравейной кислоты опытная величина $MD = 246.35$, а вычисленная изъ формулы $(MD)_1 = 230.38$, считая же, что полимеризація идетъ по типу уксусной кислоты, найдемъ для триполимера $(MD) = 236.14$, т. е. величину слишкомъ малую сравнительно съ опытной, предполагая же, что связь частицъ здѣсь происходитъ на счетъ превращенія двухатомнаго кислорода въ четырехатомный, мы получимъ для муравейной кислоты строеніе



по каковой вычисляемъ: $3C + 6H + 6O = 731.61$

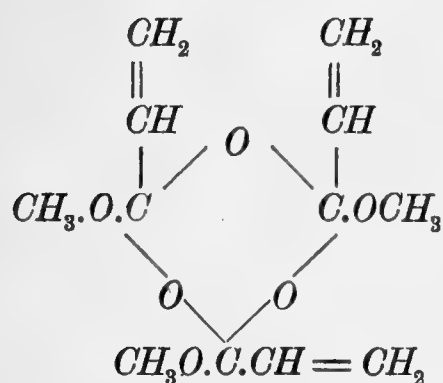
$$\begin{array}{r} 30'' = +14.52 \\ \hline 746.16 \\ -3.87 \\ \hline 742.29 = 3.247.43 \end{array}$$

Полученная величина совершенно отвѣчаетъ опытной, разница 0.43%. Т. о. мы имѣемъ два типа полимеризаціи: чрезъ посредство двухатомнаго кислорода и благодаря превращенію таковаго въ четырехатомное состояніе. Въ особенности рѣзко выразилось это отличіе у полимеровъ акрилово-метильнаго эфира. Самъ акриловый метиль $C_4H_6O_2$ имѣетъ совершенно нормальное строеніе: опытная величина его молекулярной плотности $MD = 343.62$ совершенно совпадаетъ съ вычисленной изъ его формулы, каковая $(MD)_1 = 343.68$, для его же жидкаго полимера найдено $D = 4.1001$, полагая, что онъ представляетъ трехполимерную частицу, найдемъ для него $MD = 1057.82$. При полимеризаціи его по второму типу (по типу муравейной кислоты), строеніе его будетъ



$$\begin{array}{r} \text{откуда вычисляемъ } 12C + 18H + 6O = 1090.88 \\ 3F = -17.40 \\ 30'' = +14.52 \\ 30' = -23.22 \\ \hline (MD) = 1064.78 \end{array}$$

т. е. разница съ опытной величиной только 0.65%, т. о. совершенно отвѣчаетъ послѣдней и жидкій полимеръ акриловаго метила образованъ слѣдовательно дѣйствительно по второму типу, твердый же, какъ оказывается, по первому. Для него $D = 4.0031$ и при тройной частицѣ $MD = 1032.80$, вычисляя же молекулярную плотность по формулѣ:

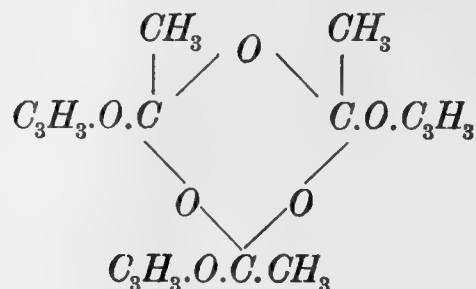


$$\begin{array}{r} \text{находимъ } 12C + 18H + 6O = 1090.88 \\ 3F = -17.40 \\ 60' = -46.44 \\ \hline (MD) = 1027.04 \end{array}$$

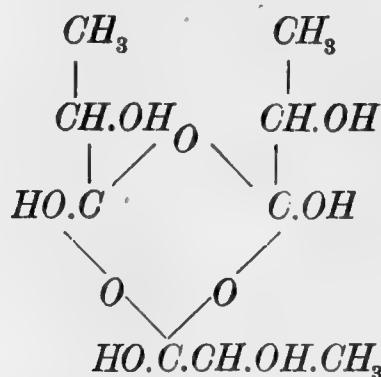
что отличается отъ опытной на 0,56%. Т. о. все различіе въ полимерахъ акриловаго эфира состоитъ въ томъ, что одинъ изъ нихъ (жидкій) образованъ по второму, а другой (твердый) по первому типу. Интересно, что самъ паральдегидъ оказывается образованнымъ по обоимъ

типамъ и представляетъ ихъ эквимолекулярную смѣсь. Опытная величина молекулярной плотности паральдегида $MD = 536.03$, вычисляя же для трехполимеризованной частицы перваго типа, т. е. по обычно придаваемому ему строенію, находимъ $(MD)_1 = 519.00$, величину слишкомъ малую, а считая его за триполимеръ втораго типа, получимъ $(MD)_2 = 552.97$ — въ свою очередь величину слишкомъ большую, среднее же изъ обѣихъ $= 536.03$ въ точности совпадаетъ съ найденной изъ опытныхъ данныхъ.

Изслѣдованіе молекулярной плотности различныхъ веществъ, приведенныхъ въ прилагаемыхъ таблицахъ, показываетъ, что явленіе полимеріи весьма распространенное и способными къ образованію уплотненныхъ частицъ оказываются представители всѣхъ классовъ кислородсодержащихъ соединений, при чемъ наблюдается, что въ большинствѣ случаевъ полимерія происходитъ по второму типу, который для спиртовъ и эфировъ является притомъ единственно возможнымъ, и идетъ только до образованія двойной частицы. Изъ триполимеровъ, кромѣ приведенныхъ, имѣются еще уксуснопропаргильный эфиръ, который уплотняется по первому типу, молочная кислота и отчасти пировиноградная кислота. Для уксуснопропаргильнаго эфира изъ опытныхъ данныхъ имѣемъ $MD = 388.87$ и $(MD)_1 = 385.31$, для трехполимерной же частицы $MD = 1166.61$, изъ формулы



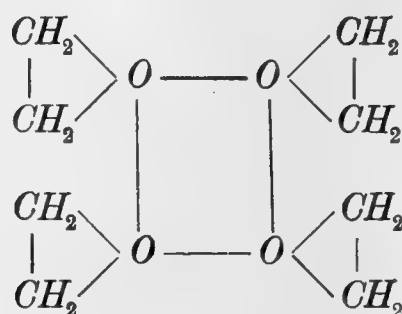
находимъ $(MD)_2 = 1161.60$, т. е. разница съ вычисленной всего 0.43% . Молочная кислота также представляетъ триполимеръ перваго типа. Опытная величина молекулярной плотности для нея $MD = 422.23$, а вычисленная $(MD)_1 = 418.38$. Для частицы же строенія:



находимъ $(MD)_2 = 3.424.24$, т. е. разница съ опытной величиной 0.47% . Что же касается до пировиноградной кислоты $\text{CH}_3.\text{CO}.\text{CO}.\text{CH}_3$, то опытная величина для нея $MD = 431.37$ и $(MD)_1 = 421.30$; полимерія здѣсь идетъ очевидно по второму типу, но таковой подвер-

гается только половина всѣхъ частицъ, такъ что пировиноградная кислота въ естественномъ состояніи представляетъ смѣсь нормальныхъ частицъ съ триполимеризованными по второму типу. Это совершенно ясно вытекаетъ изъ слѣдующихъ данныхъ. Для триполимера этого вещества перваго типа находимъ $(MD) = 3.427.65$, т. е. величину малую сравнительно съ опытной, а для триполимера второго типа (MD) будетъ $= 3.438.44$. Среднее изъ послѣдней величины и вычисленной для нормальной частицы $(MD)_1 = 421.30$ оказывается $(MD)_2 = 429.87$, т. е. отличается отъ опытной величины всего на 0.35% .

Изъ болѣе высокихъ полимеровъ извѣстенъ до сихъ поръ только одинъ: окись этилена C_2H_4O , которая въ естественномъ состояніи является въ видѣ тетраполимеризованной частицы, конечно второго типа. Для этого вещества, какъ извѣстно, наблюдается дѣйствительно большое несоотвѣтствіе въ свойствахъ, принимая во вниманіе его составъ, по сравненію съ его гомологами и аналогами. Такъ, при очень низкой температурѣ кипѣнія $= 13^\circ 5$, онъ имѣетъ очень большой удѣльный вѣсъ $= 0.88654$, тогда какъ всѣ его гомологи при гораздо высшей температурѣ кипѣнія имѣютъ гораздо меньшій удѣльный вѣсъ. Молекулярная плотность этого вещества по даннымъ Перкина $MD = 176.90$, а вычисляемая изъ формулы $(MD)_1 = 158.57$. Принимая, что онъ представляетъ учетверенную частицу, т. е. имѣетъ строеніе



находимъ $(MD)_2 = 4.176.84$, т. е. полное согласіе съ опытными данными.

За исключеніемъ этихъ всѣ остальные полимеры, какъ сказано, представляютъ только удвоенную частицу или смѣсь таковыхъ съ нормальными. Между кислотами, кромѣ разсмотрѣнныхъ, полимеризованными являются еще кислоты щавелевая и пироглизиновая, изслѣдованная мною въ водныхъ растворахъ. Насколько можно судить по имѣющимся пока даннымъ, раствореніе не производитъ деполимеризующаго вліянія. Такъ, по даннымъ Бухкремера ¹⁾, мы изъ раствора уксусной кислоты въ водѣ вычисляемъ

Изъ 92.536% раствора $MD = 277.15$
 » 5.216% » » $= 276.95$.

Такимъ же образомъ изъ раствора, содержащаго 5.50% безводной $C_2H_2O_4$, мною найдено для растворенной щавелевой кислоты $MD = 500.66$, а для двуполимеризованной

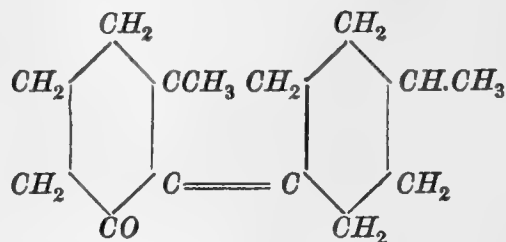
1) Бухкремеръ. Ithong Dissert.

частицы вычисляемъ $(MD)_2 = 501.21$, т. е. разница 0.11%. Для пироглизовой кислоты изъ 2,19% раствора $MD = 488.72$ и $(MD)_1 = 480.39$, для двуполимерной частицы $(MD)_2 = 491.32$, что даетъ разницу съ опытной на 0.62%.

Между эфирами кислотъ полимерія замѣчается только у метильныхъ эфировъ и также идетъ до образованія лишь удвоенной частицы. Таковы будутъ:

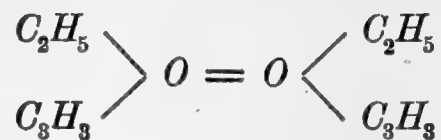
			MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Муравейно-метильный	эфиръ	$C_2H_4O_2$	274.70	268.15	2.276.46	+1.76	0.63
Щавелево-метильный	»	$C_4H_6O_4$	571.43	555.06	2.569.00	—2.43	0.42
Малоново-метильный	»	$C_5H_8O_4$	609.98	597.70	2.608.70	—3.13	0.51
Янтарно-метильный	»	$C_6H_{10}O_4$	646.59	639.33	2.650.33	+3.74	0.57
Яблочно-метильный	»	$C_6H_{10}O_5$	754.59	744.07	2.755.07	+0.48	0.06
Ацетиляблочно-метильный	»	$C_8H_{12}O_6$	942.21	934.98	2.945.98	+3.77	0.40

Величины $(MD)_2$ вычислены для двуполимеризованной по второму типу частицы. Между альдегидами и кетонами преобладаетъ, какъ мы видѣли выше, стремленіе къ энолизаци, почему здѣсь, кромѣ терпенныхъ производныхъ, о которыхъ рѣчь будетъ дальше, мы встрѣчаемъ въ полимерной формѣ только бициклометилгексилгексенонъ $C_{14}H_{22}O$ Валлаха. Для этого вещества, которому придается строеніе:



изъ опытныхъ данныхъ имѣемъ $MD = 680.00$, а $(MD)_1 = 672.67$, для двуполимерной же формулы находимъ $(MD) = 2.685.46$, т. о. это вещество представляетъ смѣсь нормальной и двуполимерной формы, для каковой смѣси $(MD)_2 = 679.06$, т. е. отличается отъ найденной изъ опыта на 0.14%.

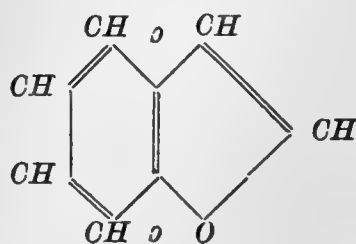
Между простыми, спиртовыми, эфирами полимерія изъ числа алифатическихъ замѣчается только у пропаргилэтильного эфира C_5H_8O , представляющаго двуполимеръ состава



Для этого вещества $MD = 286.02$ и $(MD)_1 = 277.67$, для удвоенной же частицы приведеннаго строенія находимъ $(MD)_2 = 2.288.51$, что отличается отъ опытной величины на 0.86%. Въ ряду циклическихъ соединений этого рода особенно выдѣляется группа кумароновъ, для которыхъ имѣемъ:

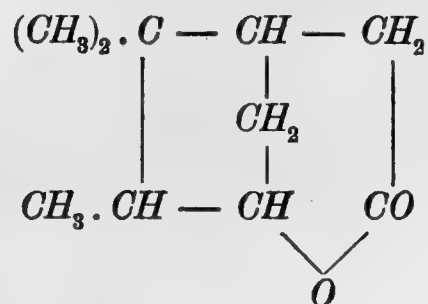
			<i>MD</i>	(<i>MD</i>) ₁	(<i>MD</i>) ₂	Diff.	въ %
	Кумаронъ	<i>C</i> ₈ <i>H</i> ₆ <i>O</i>	395.17	384.20	2.395.65	—0.12	0.03
р.	Метилкумаронъ .	<i>C</i> ₉ <i>H</i> ₈ <i>O</i>	435.66	425.83	2.436.68	+1.02	0.23
т.	»	—	434.92	—	—	+1.76	0.40
т. р.	Диметилкумаронъ	<i>C</i> ₁₀ <i>H</i> ₁₀ <i>O</i>	484.69	467.47	3.481.92	—2.77	0.57
о. р.	»	—	481.17	—	—	+0.75	0.16
о. т.	»	—	477.97	—	2.478.32	+0.35	0.07
о. т. р.	Триметилкумаронъ	<i>C</i> ₁₁ <i>H</i> ₁₂ <i>O</i>	514.81	509.10	514.52	—0.34	0.06.

Изъ этихъ данныхъ видно, что опытная величина молекулярной плотности этихъ веществъ вездѣ больше вычисленной изъ ихъ формулы, принимая строеніе кумарона



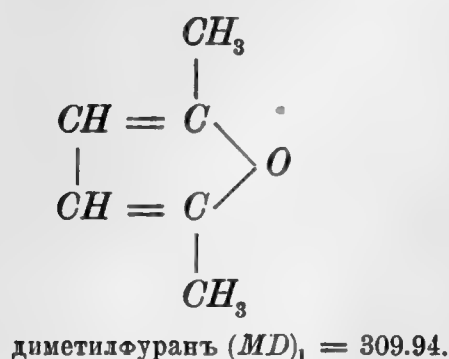
т. е. всѣ они въ естественномъ состояніи представляютъ нолимерную форму. Для самого кумарона полное согласіе получается при двуполимерной формулѣ, точно такъ же и для пара- и метаметилкумароновъ и орто-метадиметилкумарона, но орто-пара и мета-парадиметилкумароны оказываются имѣющими трехуплотненную частицу, вѣроятно въ силу особой склонности пароположенія къ этому процессу. Триметилкумаронъ оказывается смѣсью нормальной формы съ двуполимерной. Для него $MD = 514.86$ и $(MD)_1 = 509.10$, а для двуполимерной находимъ $(MD) = 2.519.95$, среднее даетъ полное совпаденіе съ опытной величиной $(MD)_2 = 514.52$, разница всего 0.06%. Построенный аналогично кумаронамъ дигидрокамфиленлактонъ является также двуполимеромъ.

Для этого вещества строеніе по Тиману

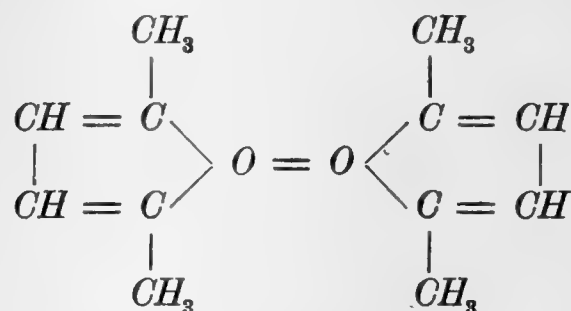


откуда вычисляемъ $(MD)_1 = 606.25$, тогда какъ опытная величина для него $MD = 619.92$, а для двуполимернаго видоизмѣненія находимъ $(MD)_2 = 2.616.90$ — величину, отличающуюся отъ нея на 0.49%.

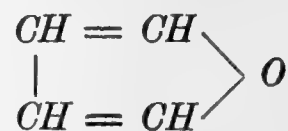
Къ классу же эфировъ могутъ быть отнесены фуранъ и диметилфуранъ, изъ которыхъ, какъ мы видѣли выше, послѣднему должно быть приписано строеніе, обычно ему придаваемое.



Вычисленная на основаніи его величина молекулярной плотности оказывается нѣсколько отличающейся отъ найденной изъ данныхъ опыта, каковая для диметилфурана $MD = 320.61$, принимая же, что это вещество полимеризовано и представляетъ частицу состава



находимъ для него $(MD)_2 = 2.320.48$, т. е. величину, совершенно совпадающую съ опытной, разниа $= 0,04\%$. Что же касается до фурана, то для него формула строения



выведена исключительно на близости его состава съ диметилфураномъ, гомологомъ котораго онъ является, но, какъ извѣстно, попытки замѣстить водородъ въ фуранѣ съ цѣлью полученія изъ него диметилфурана оказались неудачными, что по всей вѣроятности объясняется тѣмъ, что фуранъ имѣетъ строеніе отличное отъ диметилфурана и является его гомологомъ только по эмпирической формулѣ. Къ тому же приводитъ изученіе молекулярной плотности этого вещества. Изъ опытныхъ данныхъ для него имѣемъ $MD = 249.33$, изъ формулы же его строения, аналогичной диметилфурану, получимъ $(MD)_1 = 226.37$, даже предполагая, что это вещество сильно полимеризовано, все же найдемъ величину слишкомъ малую сравнительно съ опытной, такъ для тетраполимера вычисляется (MD) всего $= 242.64$, т. о., если наблюденія Назина и Каррара вѣрны и они имѣли чистый препаратъ, то фурану не можетъ принадлежать обычно приписываемое этому веществу строеніе

и тогда всего вѣроятнѣе, что формула его будетъ $\begin{array}{c} \text{CH} - \text{CH} \\ || \quad | \\ \text{CH} - \text{CH} \end{array} \diagup \text{O}$, которая требуетъ для

нормальной частицы $(MD)_1 = 240.87$, а для двуполимеризованной $(MD)_2 = 251.72$, что отличается отъ опытной величины на 0.95% ¹⁾

Переходимъ теперь къ явленіямъ полимеріи въ ряду спиртовъ. Здѣсь мы, во-первыхъ, встрѣчаемся съ такимъ явленіемъ у паразамѣщенныхъ производныхъ гексагидрофенала, которыя всѣ оказываются представляютъ въ естественномъ состояніи смѣсь нормальной формы съ двуполимерной, какъ это видно изъ данныхъ, приводимыхъ въ нижеслѣдующей таблицѣ, въ которой подъ $(MD)_2$ приведены величины, вычисленные для таковой смѣси:

		MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Метилизопропилгексагидрофенолъ	$C_{10}H_{20}O$	509.71	504.21	510.60	+0.89	0.17
Гексагидрокарвакролъ	—	509.54	—	—	+1.06	0.20
Оксигексагидроцимолъ	—	510.26	—	—	+0.34	0.06
Изобутилгексагидрокрезолъ	$C_{11}H_{22}O$	551.53	545.84	552.23	+0.70	0.12
Гексилгексагидрокрезолъ	$C_{13}H_{26}O$	637.02	629.11	636.00	—1.02	0.16

Таковымъ же оказывается и гомологъ, по эмпирической формулѣ, предыдущихъ веществъ дигидроизофоролъ $C_9H_{18}O$ ²⁾ для котораго $MD = 471.43$ и $(MD)_1 = 462.57$, а для двуполимерной частицы $(MD) = 475.32$, среднее изъ обѣихъ величинъ $(MD)_2 = 468.96$ отличается отъ опытной величины на 0.50% . Интересно, что кетонъ, изъ котораго полученъ этотъ спиртъ, восстановленіемъ Na и спиртомъ, дигидроизофоролъ самъ имѣетъ совершенно нормальную частицу, для него $MD = 468.70$ и $(MD)_1 = 471.86$, т. е. разница $= 0.70\%$; очевидно, полимеризація произошла во время восстановленія.

Весьма любопытнымъ является рядъ аллильных спиртовъ, полученныхъ А. М. Зайцевымъ и его учениками. Спирты эти раздѣляются на два отдѣла: заключающихъ одну или двѣ аллильных группы.

Къ первымъ относятся:

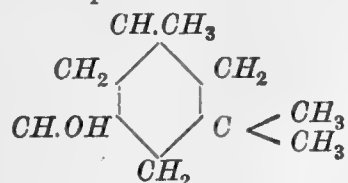
1. $C_6H_{12}O$ Аллилдиметилкарбинолъ
2. $C_8H_{16}O$ Аллилметилпропилкарбинолъ
3. — Аллилдіэтилкарбинолъ
- 4³⁾. $C_9H_{18}O$ Аллилметил-нор. бутилкарбинолъ
5. — Аллилметил-втор. бутилкарбинолъ
6. — Аллилметил-трет.-бутилкарбинолъ
7. $C_{10}H_{20}O$ Аллилдипропилкарбинолъ

Ко вторымъ:

8. $C_7H_{12}O$ — Діаллилкарбинолъ
9. $C_8H_{16}O$ — Діаллилметилкарбинолъ
10. $C_{10}H_{18}O$ — Діаллилпропилкарбинолъ

1) Такая сравнительно большая разница объясняется вѣроятно тѣмъ, что Назани и Каррара изслѣдовали свой препаратъ при $21^\circ 6$, тогда какъ фуранъ кипитъ при $31^\circ 5$, т. е. ихъ препаратъ былъ уже отчасти деполимеризованъ.

2)



3) Эти три спирта получены еще недавно Гнѣдинымъ и Талиевымъ и еще не описаны; въ оптическомъ отношеніи они изслѣдованы А. Н. Щербаковымъ, любезно сообщившимъ мнѣ результаты своихъ опредѣленій.

При изслѣдованіи молекулярной плотности этихъ веществъ оказывается, что нормальную величину таковой имѣютъ только 1, 2, 8 и 9, т. е. начальные члены, для всѣхъ же остальныхъ опытная величина больше вычисленной, т. е. въ нихъ имѣется полимерная форма. Вычисленіе показываетъ дѣйствительно, что всѣ они представляютъ смѣсь нормальной съ двухъ полимерной формой, вычисленная въ такомъ предположеніи для нихъ величина молекулярной плотности $(MD)_2$, какъ видно изъ приводимыхъ ниже данныхъ, вполне согласуется съ полученной изъ опыта:

		MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Аллилдіэтилкарбиноль	$C_8H_{16}O$	410.37	406.44	412.83	+2.46	0.59
Аллилметил-нор.бутилкарбиноль .	$C_9H_{18}O$	452.35	448.07	454.46	+2.11	0.46
Аллилметил-втор.бутилкарбиноль.	—	454.61	—	—	—0.15	0.03
Аллилметил-трет.бутилкарбиноль.	—	453.93	—	—	+0.59	0.11
Аллилдипропилкарбиноль	$C_{10}H_{20}O$	496.03	489.71	496.10	+0.07	0.01
Диаллилпропилкарбиноль	$C_{10}H_{18}O$	489.69	481.97	488.36	—0.83	0.17

Относительно аллильных спиртовъ въ лабораторіи А. М. Зайцева было уже давно сдѣлано наблюденіе, что всѣ они, будучи свѣжеприготовленными, являются безцвѣтными, легкоподвижными жидкостями, но по мѣрѣ стоянія постепенно густѣютъ, очевидно мы имѣемъ здѣсь весьма любопытный и заслуживающій детального изслѣдованія случай полимеризаціи, допускающій возможность изучить самый ходъ этого явленія.

Изъ числа остальныхъ, изслѣдованныхъ въ оптическомъ отношеніи, спиртовъ въ полимерной формѣ являются также фуриловый спиртъ и метильный алкоголь. Первый $C_5H_6O_2$

имѣетъ строеніе $\begin{array}{c} CH=CH \\ | \\ CH=C \end{array} \begin{array}{c} \diagup O \\ \diagdown CH_2.OH \end{array}$ откуда вычисляется для него $(MD)_1 = 372.74$,

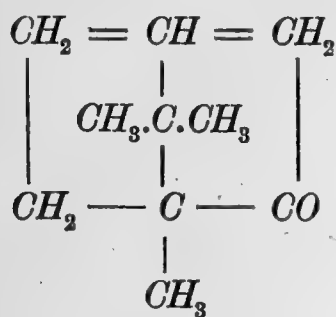
тогда какъ изъ опытныхъ данныхъ находимъ величину $MD = 385.67$, для двухполимерной же формулы будетъ $(MD)_2 = 383.59$, что разнится съ опытной на 0.54%. Что же касается до метильнаго спирта, то относительно его имѣются уже давно указанія на полимерное состояніе. По устному сообщенію Ф. М. Флавицкаго, это вещество чѣмъ въ болѣе чистомъ и безводномъ состояніи получается, тѣмъ неправильнѣе, толчками и взрывами, кипитъ. Точно такъ же его удѣльный вѣсъ оказывается выше, чѣмъ его гомологовъ. Все это находитъ себѣ объясненіе при изслѣдованіи молекулярной плотности этого вещества. Для него $MD = 125.03$ и $(MD)_1 = 122.74$, двухполимерная же частица требуетъ $(MD) = 135.52$, что является величиной слишкомъ высокой, здѣсь даже нельзя предположить, что мы имѣемъ дѣло съ эквимолекулярной смѣсью двухполимерной формы съ нормальной, таковая смѣсь все еще даетъ $MD = 129.13$, и мы вѣроятно имѣемъ дѣло со смѣсью четырехъ нормальныхъ и одной двухполимеризованной частицы, такая требуетъ величины $(MD)_2 = 5.125.29$, что разнится съ опытной величиной на 0.20%.

Намъ еще остается сказать нѣсколько словъ объ ангидридахъ кислотъ, изъ числа которыхъ изслѣдованы всего два: уксусный $C_4H_6O_3$ и цитраконовый $C_5H_4O_3$; оба они пред-

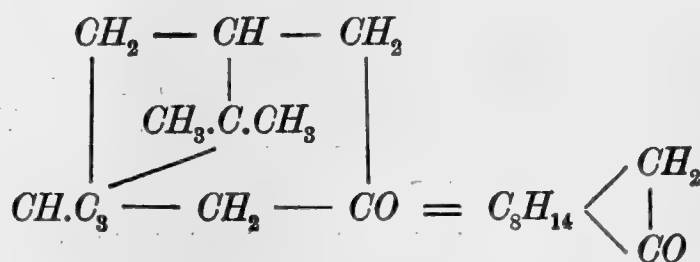
ставляютъ смѣси нормальной формы съ двуполимерной, какъ видно изъ приводимой таблицы, гдѣ подъ $(MD)_2$ даны величины молекулярной плотности для таковой смѣси, опытыя данныя для обоихъ веществъ взяты изъ таблицъ Ландольта

	P	M	t°	d^t	n_D^t	D	MD	(MD)	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Уксусный ангидридъ .	$C_4H_6O_3$	102	20°	1.08160	1.39038	4.5621	465.33	459.06	464.24	—1.09	0.23
Цитраконовый	$C_5H_4O_3$	112	20°	1.24518	1.47166	4.7493	498.32	491.03	496.70	—1.62	0.32

О строеніи нѣкоторыхъ соединений терпеной группы. Разсматривая величины молекулярной плотности относящихся сюда веществъ, мы видимъ, что въ большинствѣ случаевъ онѣ не согласуются съ тѣми, которыя вычисляются изъ придаваемыхъ имъ формулъ: за очень немногими исключеніями всѣ онѣ больше таковыхъ, что указываетъ на то, что мы имѣемъ дѣло съ полимерными формами. Въ особенности характерной въ этомъ отношеніи является группа веществъ, примыкающихъ по составу и свойствамъ къ обыкновенной камфорѣ и соотвѣтствующему послѣдней спирту борнеолу. Наиболѣе вѣроятное строеніе камфоры выражается формулами, данными этому веществу Бредтомъ и Вагнеромъ.



Бредтъ.



Вагнеръ.

Въ обѣихъ формулахъ т. о. принимается существованіе двухъ замкнутыхъ группировокъ между углеродными атомами. Въ жидкомъ состояніи камфора не была изслѣдована, точно такъ же, какъ и борнеоль, благодаря ихъ высокой температурѣ плавленія, но оба эти вещества были изучены въ спиртовыхъ и бензольныхъ растворахъ¹⁾, при чемъ получились слѣдующіе результаты: (D — для бензола = 2.985, а для спирта 3.5817).

	%	d^{20}	n_D^{20}	D	MD	$(MD)_1$	Diff.	въ %
Камфора въ бензолѣ	32.30	0.90280	1.49176	3.4436	523.42	513.87	—	—
» » спиртѣ	29.33	0.83607	1.39009	3.3929	515.72	—	—1.85	0.36
Борнеоль въ бензолѣ	12.24	0.8888	1.49780	3.3795	520.44	512.97	—	—
» » спиртѣ	22.50	0.8283	1.38592	3.3385	514.13	—	—1.16	0.22

Вычисляя молекулярную плотность этихъ соединений по приведеннымъ выше для нихъ формуламъ строенія, которыя обѣ даютъ одну и ту же величину, находимъ полное согласіе

1) Растворы борнеола въ бензолѣ были изслѣдованы, по моей просьбѣ, А. Н. Щербаковымъ, которому еще разъ приношу свою благодарность.

съ опытными данными, полученными изъ растворовъ въ этильномъ спиртѣ, въ которыхъ слѣдовательно камфора и борнеолъ дѣйствительно имѣютъ ту формулу строенія, которая дается этимъ веществамъ, что же касается до растворовъ ихъ въ бензолѣ, то очевидно, что въ таковыхъ находится полимерная форма, напр., для камфоры $C_{10}H_{16}O = OC_{10}H_{16}$.

Вычисляя въ такомъ предположеніи ихъ молекулярную плотность, получимъ

	MD	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Камфора	523.42	526.61	3.19	0.60
Борнеолъ	520.44	523.75	3.31	0.63

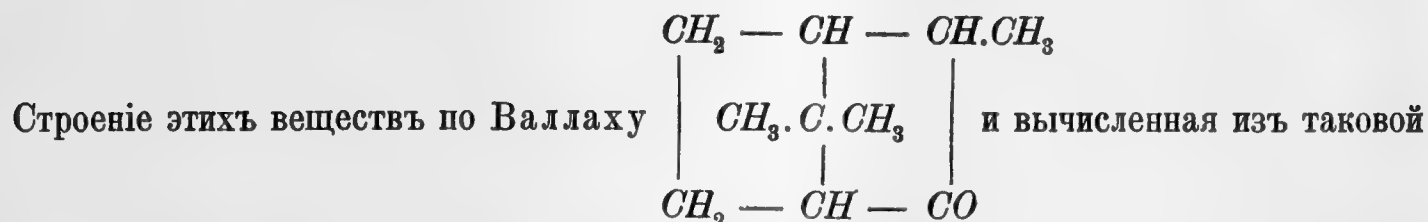
т. е. величины, согласныя съ опытными данными. Съ предположеніемъ о полимерномъ состояніи камфоры и борнеола какъ въ бензольномъ растворѣ, такъ и въ естественномъ ихъ состояніи, совершенно согласуются и ихъ физическія свойства, а также и данныя изслѣдованія молекулярной плотности ихъ производныхъ, которыя при обыкновенной температурѣ являются въ жидкомъ состояніи. Въ самомъ дѣлѣ, въ то время, какъ почти всѣ изомеры камфоры при обыкновенной температурѣ суть тѣла жидкія или плавящіеся при низкой температурѣ, какъ фенхоны, сама она, а также и борнеолъ, являются веществами, имѣющими очень высокую точку плавленія. Точно такъ же и ихъ удѣльный вѣсъ оказывается много выше, но всего болѣе удостовѣряетъ въ ихъ полимерности изслѣдованіе производныхъ, такъ жидкія при обыкновенныхъ условіяхъ этилкамфора и борни-метильный и борнил-этильный эфирами оказываются имѣющими двуполимеризованную частицу, какъ показываютъ ниже приводимыя данныя въ таблицѣ, гдѣ подъ $(MD)_2$ приведены величины ихъ молекулярной плотности для двуполимерной формы

		MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Этилкамфора	$C_{12}H_{20}O$	607.32	597.14	609.93	+2.61	0.42
Борнильметильный эфиръ	$C_{11}H_{20}O$	557.82	548.74	559.59	+1.75	0.31
Борнилэтильный эфиръ.	$C_{12}H_{22}O$	601.01	590.37	601.22	—0.21	0.03.

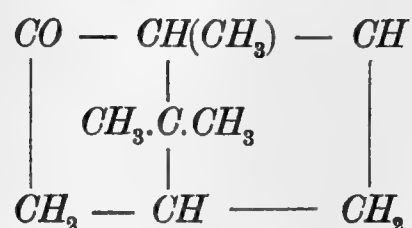
Интересно, что близко стоящій къ послѣднимъ ментол-этильный эфиръ $C_{12}H_{20}O$ точно такъ же оказывается имѣющимъ двуполимеризованную частицу; для него $MD = 591.81$ и $(MD)_1 = 583.60$, для двуполимера же вычисляемъ $(MD)_2 = 594.45$, что даетъ разницу съ опытной величиной всего на 0.45%.

Подобное же явленіе мы встрѣчаемъ у изомерныхъ камфорѣ и борнеолу—фенхоновъ и фенхоновомъ спиртѣ, а также пинокамфона и пинокамфлеолѣ, хотя съ небольшимъ отличіемъ. Точки плавленія и удѣльные вѣса названныхъ веществъ уже много ниже соотвѣствующихъ для камфоры и борнеола, но все еще значительно выше, чѣмъ для остальныхъ изомеровъ, почему а priori можно ожидать, что полимеризація здѣсь выражена слабѣе. Дѣйствительно мы находимъ для нихъ:

	MD	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Правый фенхонъ	523.62	520.24	—3.38	0.65
Лѣвый фенхонъ	522.62	—	—2.38	0.46.



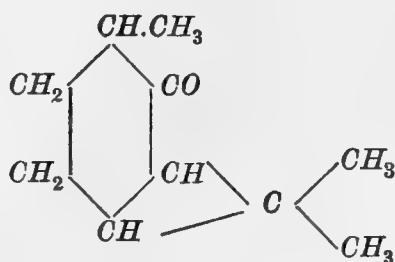
формулы величина $(MD)_1 = 513.87$, оказывается много меньше опытной, а отвѣчающая дуполимерной формѣ $(MD) = 526.62$, много больше, т. е. онѣ представляютъ смѣсь обѣихъ, каковая даетъ величины $(MD)_2$ совершенно отвѣчающія полученнымъ изъ опытныхъ данныхъ. Соотвѣтствующей же этимъ кетононъ фенхоленовый спиртъ $C_{10}H_{18}O$ оказывается тѣломъ, имѣющимъ несомнѣнно нормальную частицу; для него $MD = 505.92$ и $(MD)_1 = 510.97$, разница 0.98% ¹⁾. Подобныя же отношенія мы имѣемъ и при пинокамфонѣ и пинокамфеолѣ, которые представляютъ оба смѣсь нормальной формы съ дуполимерной, величины которой приведены подѣ $(MD)_2$. Строение ихъ выражается формулой



и для нихъ имѣемъ слѣдующія данныя:

	MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Пинокамфонъ	519.85	513.87	520.24	+0.34	0.07
Пинокамфеолъ	517.10	510.97	517.11	+0.01	0

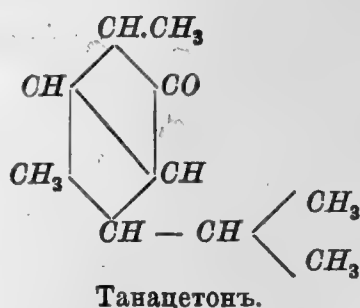
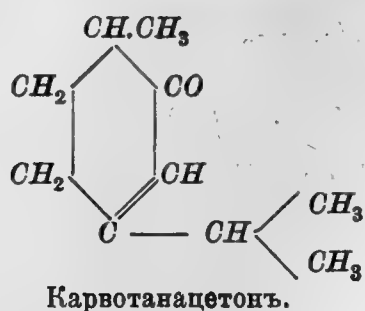
Веществомъ, представляющимъ переходъ отъ рассмотрѣнныхъ къ другимъ изомерамъ формулы $C_{10}H_{16}O$, является каронъ



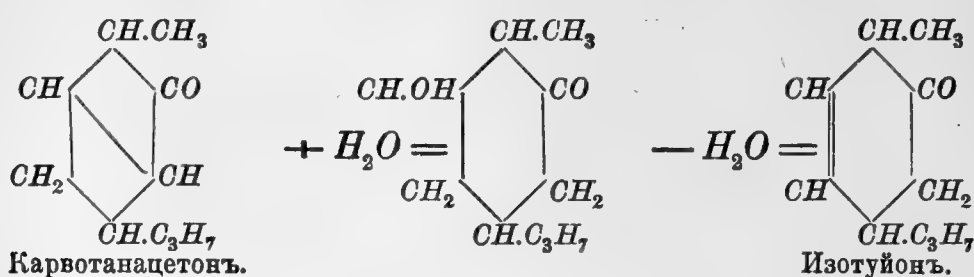
также заключающій двѣ замкнутыхъ группировки углеродныхъ атомовъ. Вычисленная изъ приводимой формулы его величина молекулярной плотности $(MD)_1 = 513.87$ оказывается вполне согласной съ найденной изъ опытныхъ данныхъ, каковая $MD = 513.70$, разница 0.03% .

1) Такая большая разница несомнѣнно объясняется тѣмъ, что препаратъ Валлаха не былъ совершенно чистъ, см. Lieb. Ann. 300, 311.

Слѣдующую группу составляютъ карвотанацетонъ, танацетонъ (туйонъ) и изотуйонъ



Карвотанацетонъ имѣетъ нормальное строеніе, для него $(MD) = 499.82$ совершенно согласуется съ вычисленной изъ приводимой формулы $(MD)_1 = 499.37$, разница $= 0.09\%$. Точно такое же согласіе мы видимъ и для отвѣчающаго ему спирта дигидрокарвотанацетола $C_{10}H_{18}O$, для котораго $MD = 505.16$ и $(MD)_1 = 505.21$. Для танацетона (туйона) общепринятая формула Тимана и Землера также хорошо согласуется съ опытными данными, если принять, что это вещество на половину полимеризовано. Для него опытная величина молекулярной плотности $MD = 517.84$, вычисленная же изъ предыдущей формулы $(MD)_1 = 513.87$ и для двуполимерной $(MD) = 526.63$, среднее изъ обѣихъ $(MD)_2 = 520.24$ отличается отъ найденной изъ опыта на 0.46% ; для отвѣчающаго этому кетону спирта — танацетола $C_{10}H_{18}O$ такимъ же образомъ находимъ $MD = 516.79$ и $(MD)_1 = 510.97$ и для двуполимерной частицы $(MD) = 523.75$, среднее изъ нихъ $(MD)_2 = 517.36$, что даетъ разницу съ опытной величиной всего 0.4% . Для третьяго изомера этой группы изотуйона имѣемъ изъ опытныхъ данныхъ $MD = 494.80$. Относительно строенія этого вещества надлежащія указанія даетъ его образованіе изъ танацетона при дѣйствіи слабой сѣрной кислоты, которая очевидно дѣйствуетъ гидратирующимъ способомъ, т. е. къ танацетону, на счетъ разрыва діагональной связи между углеродными атомами, присоединяется частица воды (или SO_2H_2), которая затѣмъ снова выдѣляется, но при этомъ съ группой (OH) уходитъ уже сосѣдній атомъ водорода, т. е. получается слѣдующая реакція

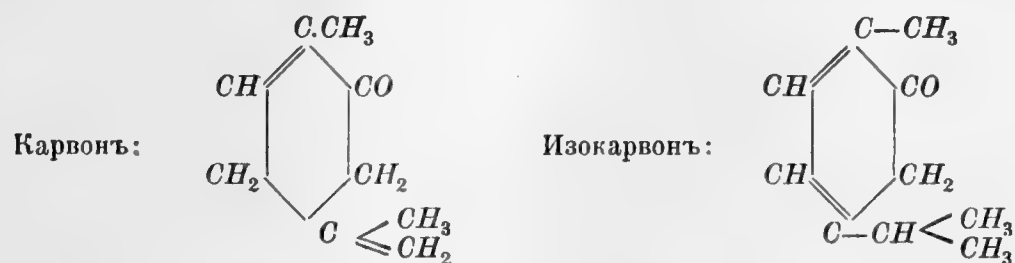


Необходимость допустить подобное строеніе для изотуйона неизбежно вытекаетъ изъ разсмотрѣнія величины его молекулярной плотности. Последняя, какъ сказано, $MD = 494.80$, что ясно указываетъ на то, что въ этомъ веществѣ находится только одна замкнутая группировка углеродныхъ атомовъ, иначе величина ея была бы гораздо больше, какъ у танацетона, т. е. 513.87 . Разсматривая ближе ее, мы видимъ однако, что она

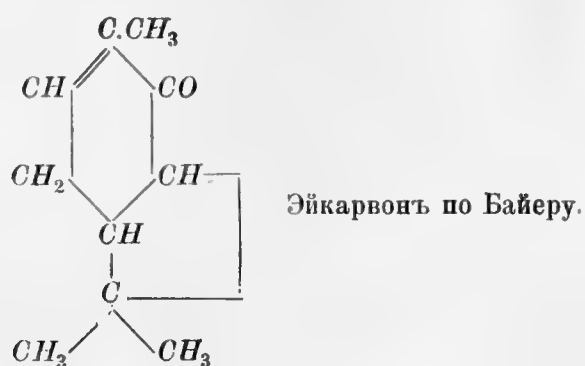
довольно значительно отличается отъ вычисленной изъ приведенной для изотуйона формулы, которая даетъ $(MD)_1 = 499.37$, т. е. она меньше послѣдней, очевидно, что изотуйонъ представляетъ въ естественномъ состоянiи смѣсь кетонной и энольной формы, для каковой будемъ имѣть $499.37 + 488.74 = 2.494.05$, т. е. получаемъ величину $(MD)_2$, отличающуюся отъ опытной величины всего на 0.15%.

Соотвѣтствующій изотуйону спиртъ дигидроизотуйонъ $C_{10}H_{20}O$ оказывается веществомъ на половину полимеризованнымъ; для него $MD = 510.49$ и $(MD)_1 = 505.21$, а для двуполимерной частицы $MD = 517.00$, среднее изъ обѣихъ $(MD)_2 = 511.00$, что разнится отъ опытной величины на 0.11%.

Перейдемъ теперь къ остальнымъ веществамъ этой группы и начнемъ съ такъ сказать ихъ родоначальника карвона $C_{10}H_{14}O$, съ его изомерами изокарвономъ и эйкарвономъ

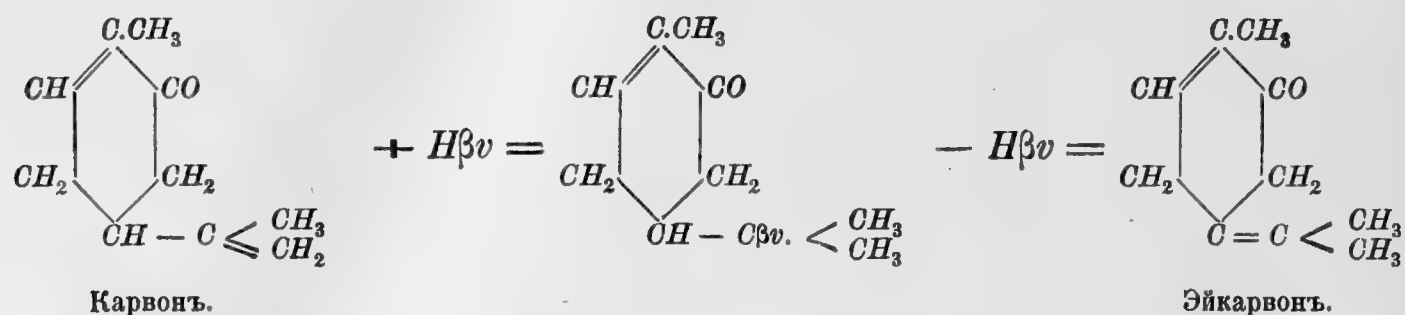


Карвонъ, которому придается написанное строенiе, имѣетъ величину молекулярной плотности совершенно ему отвѣчающую; изъ приведенной формулы для него вычисляемъ $(MD)_1 = 491.63$, изъ опытныхъ же данныхъ находимъ $MD = 490.96$, разница доходитъ только до 0.13%. Изомерный же карвону, изокарвонъ представляетъ явленiе полимерiи; ему приписываютъ строенiе, выражаемое приведенной формулой, которая даетъ ту же величину молекулярной плотности, какъ и для карвона, т. е. $(MD)_1 = 491.63$, но изъ опытныхъ данныхъ для изокарвона получаемъ гораздо большую $MD = 498.72$, которая представляетъ очевидно среднее изъ вычисленной для нормальной и двуполимерной формулы $\{(MD) = 504.42\}$ каковое будетъ $(MD)_2 = 498.02$, т. е. отличается отъ опытной величины на 0.14%. Для третьяго изомера этихъ веществъ эйкарвона

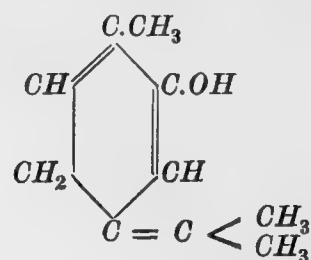


мы имѣемъ слѣдующія данныя. Байеръ, изучавшій это тѣло, даетъ ему строенiе, изображаемое приведенной формулой, на неудобства которой указывалъ уже Валлахъ (Lieb. Ann. 305, 244) и которая рѣшительно опровергается изученiемъ молекулярной плотности

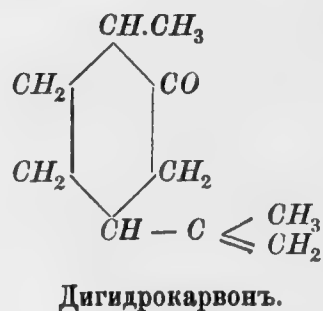
этого вещества. Изъ опытныхъ данныхъ мы находимъ для него $MD = 481.81$, тогда какъ изъ формулы Байера вычисляется $(MD) = 506.13$, т. е. величина совершенно ей не отвѣчающая, даже предполагая, что это вещество имѣетъ энольную форму, все же получимъ слишкомъ большую $= 495.49$. Между тѣмъ, рассматривая способъ полученія этого соединенія, данный Валлахомъ (1. с. 237), мы легко можемъ вывести изъ него правильную формулу строенія. Валлахъ получилъ его изъ карвона, дѣйствуя на послѣдній бромистоводородной кислотой въ уксуснокисломъ растворѣ и разлагая полученный бромюръ ѣдкимъ кали. Естественно, что при этомъ происходитъ сначала образованіе бромистоводороднаго карвона и затѣмъ выдѣленіе изъ послѣдняго элементовъ $H\beta v$, при чемъ получается снова вещество состава $C_{10}H_{14}O$, но съ двойной связью между углеродными атомами въ другомъ мѣстѣ:



Получившійся при этомъ эйкарвонъ энוליруется и даетъ десмотропическую форму

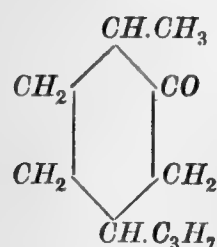


которая требуетъ $(MD)_2 = 481.0$, т. е. имѣетъ величину, совершенно отвѣчающую полученной для эйкарвона изъ опытныхъ данныхъ, разница $= 0.17\%$. Всѣ эти соображенія находятъ себѣ хорошее подтвержденіе въ изслѣдованіи продуктовъ гидрогенизаціи этихъ веществъ. Такъ для дигидрокарвона $C_{10}H_{16}O$

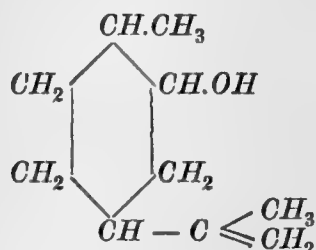


имѣемъ $MD = 503.97$, вычисленная изъ приведенной формулы величина $(MD)_1 = 499.37$, а для двуполимера $(MD) = 512.17$, т. е. дигидрокарвонъ представляетъ смѣсь нормальной

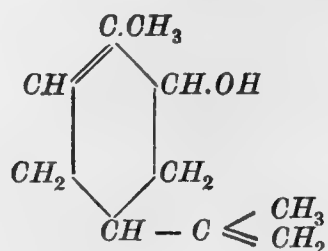
формы съ двуполимерной, для каковой $(MD)_2 = 505.76$, что отличается отъ опытной величины на 0.35%. Для дальнѣйшаго продукта гидрогенизаціи — тетрагидрокарвона $C_{10}H_{18}O$



находимъ такимъ же образомъ $MD = 511.48$ и $(MD)_1 = 507.10$, а для двуполимера $(MD) = 519.89$, среднее изъ нихъ $(MD)_2 = 513.49$ отличается отъ опытной величины на 0.39%. Если мы теперь обратимся къ дигидроэйкарвону, то для такового MD оказывается $= 505.36$, принимая же во вниманіе энольный характеръ этого вещества, вычисляемъ изъ его формулы $(MD)_1 = 489.14$ и для двуполимера $(MD)_2 = 502.02$, т. е. величину, совершенно отвѣчающую опытной, разница 0.66% и дигидроэйкарвонъ представляетъ т. о. нацѣло двуполимерную форму. Совершенно такія же отношенія мы находимъ и у спиртовъ, отвѣчающихъ этимъ кетонамъ. Дигидрокарвеоль $C_{10}H_{18}O$

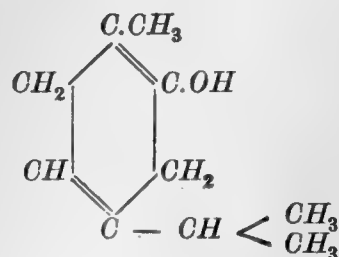


имѣетъ $MD = 501.07$ и $(MD)_1 = 497.47$ и для двуполимерной частицы $(MD) = 509.75$, среднее изъ нихъ $(MD)_2 = 503.61$ отличается отъ опытной величины на 0.50%, т. е. мы видимъ явленіе, аналогичное тому, которое замѣчается при дигидрокарвонѣ, изомерный же дигидроэйкарвеоль, подобно дигидроэйкарвону, сохраняетъ способность къ болѣе выраженной полимеризаціи и представляетъ чистую двуполимерную форму, для него $MD = 508.27$ и $(MD)_1 = 497.47$, а для двуполимера находимъ $(MD)_2 = 509.75$, что отличается отъ опытной величины на 0.29%. Соответствующій самому карвону спиртъ карвеоль $C_{10}H_{16}O$

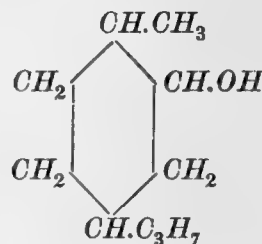


представляетъ подобно дигидрокарвеолу явленіе неполной полимеризаціи и есть смѣсь нормальной формы съ двуполимерной; для него $MD = 495.33$ и $(MD)_1 = 488.74$, а для двуполимерной частицы $(MD) = 501.52$, среднее изъ послѣднихъ $(MD)_2 = 495.13$ отли-

чается отъ опытной величины всего на 0.04%. Такая особенность распространяется и на производныя этого вещества, между которыми изслѣдованъ карвеол-метильный эфиръ $C_{11}H_{18}O$, для котораго найдено $MD = 533.62$ и $(MD)_1 = 526.50$ и для дуполимера $(MD) = 557.35$, среднее изъ нихъ $(MD)_2 = 531.92$, что отличается отъ величины, найденной изъ опытныхъ данныхъ, на 0.32%. Изомерный карвеолу — карвенонъ



также представляетъ явленіе не полной полимеризаціи; опытная величина для него $MD = 492.73$ отличается отъ вычисленной, по предыдущему, для смѣси нормальной формы съ дуполимерной на 0.48%. Такое же явленіе мы выше видѣли для продукта гидрогенизаціи карвеола — дигидрокарвеола, его же встрѣчаемъ и у тетрагидрокарвеола

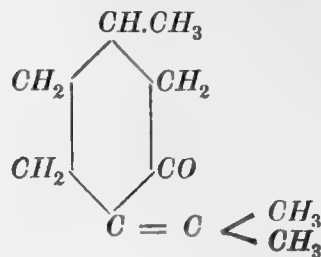


для котораго $MD = 510.22$ и $(MD)_1 = 505.21$, а для дуполимера $(MD) = 517.0$, среднее изъ обѣихъ величинъ $(MD)_2 = 511.10$ отличается отъ опытной величины на 0.08%.

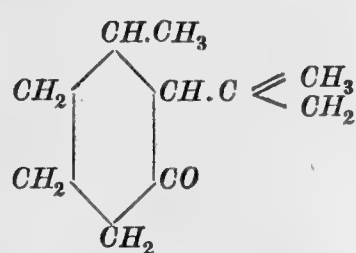
Т. о. мы въ этомъ ряду видимъ полную послѣдовательность:

Карвонъ $C_{10}H_{14}O$	представляетъ нормальную частицу	Эйкарвонъ	представляетъ энолъ нормальной частицы
Дигидрокарвонъ $C_{10}H_{16}O$	Смѣси нормальной формы съ дуполимерной	Дигидроэйкарвонъ	дуполимеръ нормального энла
Тетрагидрокарвонъ $C_{10}H_{18}O$		Дигидроэйкарвеолъ	дуполимерная форма
Карвеолъ $C_{10}H_{16}O$		Изокарвонъ	Смѣсь нормальной и дуполимерной формы.
Дигидрокарвеолъ $C_{10}H_{18}O$		Карвенонъ	
Тетрагидрокарвеолъ $C_{10}H_{20}O$			

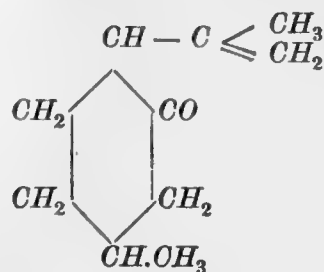
Подобныя явленія мы находимъ въ ряду пулеголовъ и пулегоновъ. Пулегонъ (Клагесъ, Ber. Ber., 1899, 2556):



представляетъ частицу нормальнаго строенія; для него $MD = 497.04$ и $(MD)_1 = 499.47$, т. е. разница 0.46% , точно таковъ же отвѣчающій ему спиртъ пулеголь, имѣющій $MD = 495.09$ и $(MD)_1 = 497.47$, разница $= 0.46\%$. Изомеры же его орто- и изопулегонъ



Ортопулегонъ (Валлахъ, Lieb. Ann. 300.261).



Изопулегонъ (Тиманъ, Ber. Ber. 30,32).

представляютъ явленіе неполной полимеріи, т. е. представляютъ смѣси нормальной формы съ двуполимерной, точно такъ же какъ отвѣчающій изопулегону спиртъ изопулеголь, что видно изъ приводимой таблицы, гдѣ подъ $(MD)_2$ имѣются величины молекулярной плотности для сказанной смѣси:

		MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Ортопулегонъ	$C_{10}H_{16}O$	502.58	499.77	505.76	+3.18	0.62
Изопулегонъ	$C_{10}H_{16}O$	502.86	—	—	+2.90	0.57
Изопулеголь	$C_{10}H_{18}O$	502.58	497.42	503.61	+1.03	0.20.

Такое же явленіе неполной полимеріи мы находимъ у тѣхъ представителей формулы $C_{10}H_{18}O$, которые относятся къ классу терпинеоловъ. Во всѣхъ терпинеолахъ, какъ извѣстно, имѣется замкнутая группировка углеродныхъ атомовъ и находится одна двойная связь между таковыми, какъ, напр., показываетъ приводимая формула одного изъ нихъ.



Всѣ эти вещества поэтому должны имѣть одну и ту же величину молекулярной плотности, каковая вычисляется изъ приведенной формулы $(MD)_1 = 496.47$, между тѣмъ изъ опытныхъ данныхъ для нихъ находимъ таковую всегда большей; такъ для терпинеола Валлаха $MD = 503.83$ (Lieb. Ann. 245.195), для праваго и лѣваго гидратовъ терпена Флавицкаго 502.93 и 502.89 и т. д. Эти величины какъ разъ оказываются средними для смѣси нормальной формы этихъ веществъ съ двуполимерной, для каковой $(MD)_2 = 502.86$. Подобная склонность къ полимеріи замѣчается и у другихъ близкихъ имъ циклическихъ спиртовъ и кетоновъ, такъ всѣ ментоны $C_{10}H_{18}O$, а также метилизопропилциклогексанонъ Кновенагеля представляютъ всѣ смѣси нормальной формы съ двуполимерной

	MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Правый ментонъ	512.19	507.10	513.49	+1.30	0.25
Лѣвый ментонъ	511.31	—	—	+2.18	0.42
Туйаментонъ	510.66	—	—	+2.83	0.55
Метилизопропилциклогексанонъ	514.49	—	—	—1.00	0.19

изомерные же имъ цитронеллалы и отвѣчающіе таковымъ спирты и близкіе послѣднимъ линалоолы $C_{10}H_{18}O$, какъ имѣющіе открытую цѣпь углеродныхъ атомовъ, представляютъ совершенно нормальное строеніе:

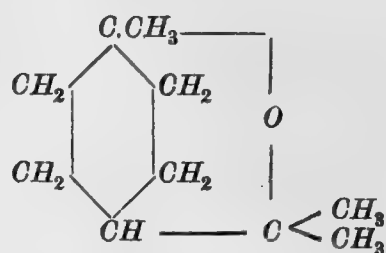
		MD	$(MD)_1$	Diff.	въ %
Цитронеллалъ I . .	$C_{10}H_{18}O$	493.87	492.60	—1.27	0.25
» II . .	—	491.04	—	+1.56	0.31
Ментоцитронеллалъ.	—	496.52	—	—3.92	0.78
<i>d</i> —линалооль	$C_{10}H_{18}O$	484.94	481.97	—2.97	0.61
<i>e</i> —линалооль	—	483.20	—	—1.23	0.25
<i>d</i> —цитронелланъ . .	$C_{10}H_{20}O$	490.65	489.71	—0.94	0.19
<i>e</i> —цитронелланъ . .	—	492.47	—	—2.76	0.56

тогда какъ въ циклическихъ спиртахъ $C_{10}H_{20}O$ находимъ то же, что и въ циклическихъ кетонахъ, т. е. смѣсь нормальной формы съ двуполимерной:

		MD	$(MD)_1$	$(MD)_2$	Diff.	въ %
Оксигексагидроцималъ	$C_{10}H_{20}O$	510.26	504.21	510.60	+0.34	0.06
Метилизопропилгексагидрофенолъ	—	509.71	—	—	+0.69	0.13
Гексагидрокарвакролъ	—	509.54	—	—	+0.06	0.20

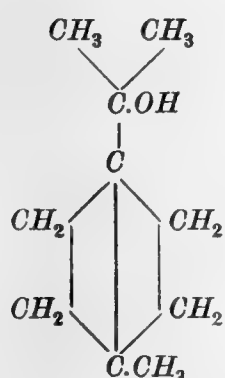
величины $(MD)_2$ представляютъ молекулярную плотность смѣси.

Намъ остается рассмотреть еще два вещества, относящихся къ терпенымъ же производнымъ: цинеоль и пиноль, относительно которыхъ изученіе молекулярной плотности заставляетъ усомниться въ вѣрности обычно придаваемымъ имъ формуламъ строенія. Цинеоль, какъ извѣстно, рассматривается какъ внутренній эфиръ, имѣющій строеніе:

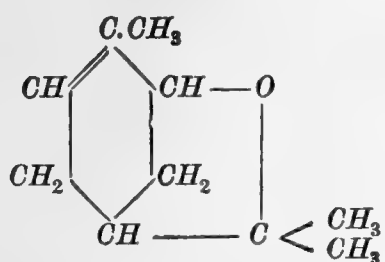


Для этого вещества изъ опытныхъ данныхъ находимъ величину $MD = 522.56$; тогда какъ изъ приведенной формулы для него вычисляется $(MD)_1 = 498.40$, т. е. много меньшая; даже предполагая, что это вещество полимеризовано, все-таки находимъ не подходящую величину (509.25 для двуполимера и 512.18 для тетраполимера), такъ что въ

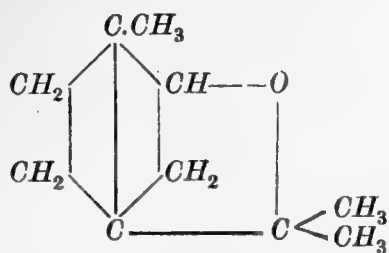
эфирномъ характерѣ пинеола не можетъ быть и рѣчи. Слишкомъ высокая, сравнительно съ вычисленной, величина молекулярной плотности этого вещества несомнѣнно указываетъ на то, что въ немъ находятся двѣ замкнутыя группировки углеродныхъ атомовъ, т. е. пинеоль долженъ имѣть характеръ спирта и притомъ является въ полимерномъ состояніи, вѣроятнѣе всего т. о. ему принадлежитъ формула



которая даетъ $(MD)_1 = 510.97$ и для двуполимерной частицы $(MD)_2 = 523.76$, что отличается отъ опытной величины всего на 0.23%. Точно такъ же, по такимъ же соображеніямъ должна быть нѣсколько измѣнена и формула строения пинола и въ таковомъ необходимо принять присутствіе двухъ замкнутыхъ группировокъ углеродныхъ атомовъ. Молекулярная плотность этого вещества $MD = 519.65—5114.20$ по даннымъ Валлаха, изъ обычно же придаваемой ему формулы строения

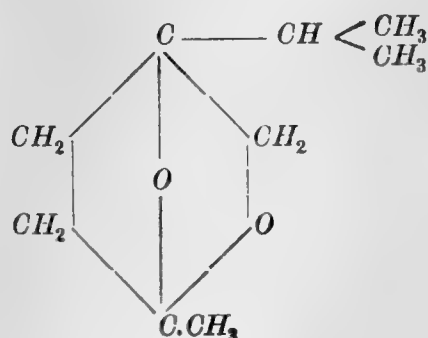


таковая вычисляется $(MD)_1 = 490.67$, т. е. здѣсь также должны находиться двѣ замкнутыя группировки углеродныхъ атомовъ, т. е. строеніе пинола должно быть



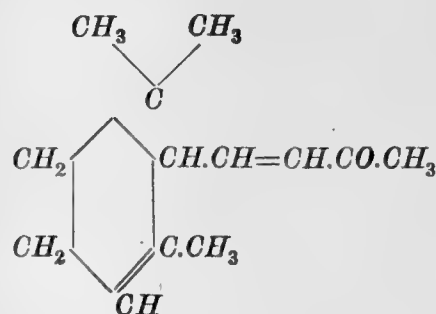
Такая формула требуетъ для $(MD)_1 = 505.17$, а для двуполимерной частицы $(MD)_2 = 516.02$, т. е. величины совершенно отвѣчающей опытнымъ даннымъ. Пиноль является почти единственнымъ числа изслѣдованныхъ, веществомъ, относящимся къ классу внутреннихъ эфировъ; кромѣ него извѣстно еще одно соединеніе, имѣющее подобный характеръ,

именно двуокись танацетогена, полученная Земмлеромъ (Ber. Ber. 30,434), который даетъ ему строение.

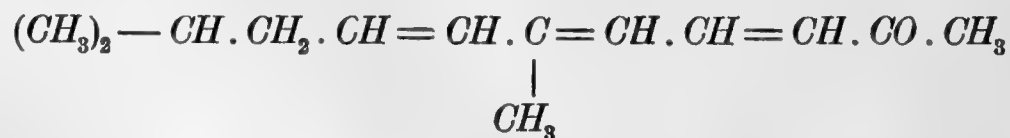


изъ каковой формулы находимъ $(MD)_1 = 553.77$, изъ опытныхъ же данныхъ получается величина $MD = 554.34$, т. е. разница $= 0.10\%$, т. е. полное согласіе.

Въ близкомъ отношеніи къ разсмотрѣннымъ терпено-камфарнымъ производнымъ находятся изслѣдованные Тиманомъ іононы $C_{13}H_{20}O$. Этотъ авторъ получилъ три изомерныхъ вещества, обладающихъ этимъ составомъ: α и β іононы и псевдоіононъ, къ которому нужно присоединить еще естественный іононъ. По Тиману (Ber. Ber. 31,808 ff. и 32.812—835) α и β -іононы имѣютъ одну и ту же формулу

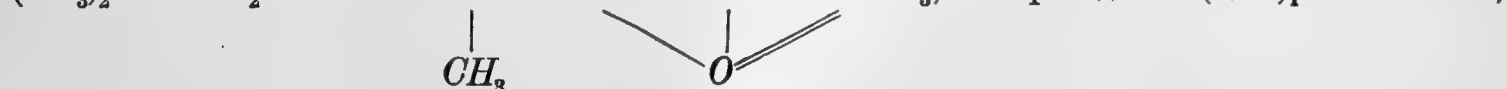


и «beide sind also nicht wahre Isomere, sondern nur Spielarten eines Ketons von einen und derselben chemischer Structur» (Ber. Ber. 31,870). Изученіе молекулярной плотности этихъ веществъ показываетъ однако, что между ними имѣется совершенно опредѣленная разница въ строеніи. Въ самомъ дѣлѣ: α -іононъ имѣетъ $MD = 610.48$, а β -іононъ $= 601.70$ и іононъ естественный $MD = 605.20$; изъ предыдущей же формулы мы вычисляемъ $(MD)_1 = 616.57$ и для энольной формы $= 605.93$, т. е. α -іононъ представляетъ смѣсь кетонной и энольной формы, для которой $(MD)_2 = 611.25$, т. е. даетъ величину, отличающуюся отъ опытной на 0.12% . Для β -іонона очевидно необходимо принять открытой цѣпи углеродныхъ атомовъ, т. е. онъ долженъ имѣть какъ разъ ту формулу, которую Тиманъ даетъ для псевдоіонона, т. е.



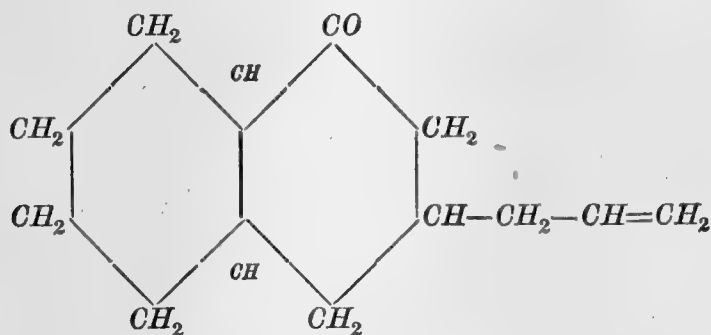
которая требуетъ $MD_1 = 601.84$, т. е. величину совершенно отвѣчающую найденной изъ опытныхъ данныхъ для β -іонона ($= 601.70$), разница всего 0.02% .

Естественный іононъ тогда представить, какъ это есть и на самомъ дѣлѣ, смѣсь обоихъ, таковая смѣсь требуетъ $(MD)_2 = 606.54$, что отличается отъ найденной для естественнаго іонона на 0.20%. Что же касается теперь до псевдоіонона, то относительно его сейчасъ нельзя дать, къ сожалѣнію, вполне опредѣленнаго заключенія, такъ какъ опытные данныя для его молекулярной плотности сильно разнятся другъ отъ друга, смотря по способу полученія препарата, отъ $MD = 556.72—510.21$. Во всякомъ случаѣ можно сказать одно, что въ этомъ веществѣ кислородъ долженъ находиться въ аллотропированномъ состояніи и вѣрнѣе всего ему принадлежитъ строеніе, выражаемое формулой:



т. е. величину близкую къ найденной для этого вещества.

При кипяченіи съ кислотами псевдоіононъ превращается въ обыкновенный іононъ. Интереснымъ является изомеръ этихъ веществъ — туберонъ, полученный Верлеемъ (Bull. Soc. chem. 1899, 21.306), который даетъ ему формулу



изъ которой слѣдуетъ, что это вещество должно имѣть величину молекулярной плотности $(MD)_1 = 631.04$, но изъ опытныхъ данныхъ находимъ для него таковую всего $MD = 617.03$, т. е. формула Верлея совершенно не отвѣчаетъ дѣйствительности. Всего вѣрнѣе, что туберонъ Верлея представляетъ одинъ изъ изомеровъ α -іонона (а можетъ быть и самый α -іононъ) въ однородномъ, безъ примѣси энора, состояніи; для такого случая, какъ мы видѣли выше, величина молекулярной плотности $(MD)_1$ будетъ $= 616.57$, т. е. даетъ разницу только на 0.07%.

На этомъ мы кончаемъ нашъ обзоръ кислородныхъ соединенийъ. Онъ далеко не полонъ, множество вопросовъ еще требуютъ своего разрѣшенія, но мнѣ кажется и теперь совершенно доказанной необходимостью принимать во вниманіе, при обсужденіи вопроса объ ихъ строеніи, возможность превращенія кислорода изъ двухатомнаго въ многоатомное состояніе. Въ слѣдующей главѣ, изслѣдуя молекулярную плотность азотистыхъ соединений, мы будемъ не разъ имѣть случай убѣждаться въ справедливости этого положенія.

Приложение I.

Вспомогательная таблица для вычислений молекулярной плотности.

1. Молекулярная плотность водорода.	2. Молекулярная плотность углерода.	3. Молекулярная плотность кислорода.
0.967 × 2 = 1.93	67.0—27.3 = 39.7	p. 126.44—(p+1) 21.7
3 2.90	39.7 × 2 79.4	p = 1 = 83.04
4 3.87	3 119.1	2 187.78
5 4.84	4 158.8	3 292.52
6 5.80	5 199.5	4 397.26
7 6.77	6 238.2	5 502.00
8 7.74	7 277.9	6 606.74
9 8.70	8 317.6	7 711.48
10 9.67	9 357.3	8 816.52
11 10.64	10 397.0	9 921.26
12 11.60	11 436.7	10 1026.00
13 12.57	12 476.4	11 1130.74
14 13.53	13 516.1	12 1235.48
15 14.49	14 555.8	13 1340.20
16 15.47	15 595.5	14 1444.94
17 16.43	16 635.2	15 1509.68
18 17.40	17 674.9	16 1654.42
19 18.37	18 714.6	17 1759.16
20 19.34	19 754.3	18 1836.90
21 20.30	20 794.0	19 1968.64
22 21.27		20 2073.38
23 22.23		
24 23.20		
25 24.16		
26 25.14		
27 26.10		
28 27.07		
29 28.03		
30 29.01		
31 29.98		
32 30.94		
33 31.90		
34 32.86		
35 33.83		
36 34.81		
37 35.77		
38 36.74		
39 37.71		
40 38.68		

Приложеніе II.

Таблицы опытныхъ данныхъ. II Алкоголи.

	<i>P</i>	<i>M</i>	<i>t</i>	<i>d</i>	<i>n</i>	<i>D</i>	<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
1. Метильный спиртъ	$C H_4 O$	32	20.0	0.7953	1.32945	3.9042	125.03	1.122.74	—	—
								2.125.29	+0.26	0.20
2. Этильный	$C_2 H_6 O$	46	20.0	0.7910	1.36138	3.5718	164.30	1.164.37	+0.07	0.04
3. Нор. пропиловый	$C_3 H_8 O$	60	20	0.8044	1.38543	3.4290	205.74	206.00	+0.26	0.14
4. Изопропиловый	—	—	20	0.7887	1.37757	3.4235	205.41	—	+0.59	0.29
5. Аллиловый	$C_3 H_6 O$	58	20	0.8540	1.41345	3.4215	198.44	198.27	—0.17	0.08
6. Пропаргильный	$C_6 H_4 O$	56	20	0.9715	1.43064	3.5695	199.89	199.27	—0.62	0.31
7. Нор. бутиловый	$C_4 H_{10} O$	74	20	0.8099	1.39909	3.3475	247.71	247.64	—0.04	0.01
8. Изобутиловый I	—	—	20	0.8062	1.39594	3.3557	248.32	—	—0.78	0.31
» II	—	—	15.5	0.8130	1.40168	3.3427	247.36	—	+0.28	0.10
» III	—	—	80.2	0.7607	1.37490	3.3252	246.06	—	+1.58	0.64
9. Триметилкарбиноль	—	—	20	0.7864	1.38779	3.3425	247.34	—	+0.30	0.12
10. Изоамиловый	$C_5 H_{12} O$	88	20	0.8104	1.40723	3.2904	289.55	289.27	—0.28	0.10
11. Аллидиметилкарбиноль	$C_6 H_{12} O$	100	20	0.8308	1.42870	3.2245	322.45	323.17	+0.72	0.22
12. Феноль I	$C_6 H_6 O$	94	20	1.0702	1.55033	3.3576	315.61	314.47	—1.14	0.34
» II	—	—	82.7	1.0213	1.52269	3.3410	314.05	—	+0.42	0.13
13. Гептиловый спиртъ	$C_7 H_{16} O$	116	16.5	0.8235	1.42557	3.2168	373.14	372.54	—0.60	0.16
14. Гексагидрокрезоль	$C_7 H_{14} O$	114	15.0	0.9320	1.4695	3.3434	381.14	379.30	—1.84	0.48
15. Метилгексеноль	—	—	19.0	0.914	1.4581	3.3490	381.78	—	—2.48	0.64
16. Диаллилкарбиноль	$C_7 H_{12} O$	112	22.8	0.8556	1.44898	3.1900	357.28	357.07	—0.21	0.06
17. Бензольный спиртъ I	$C_7 H_8 O$	108	20	1.0429	1.53955	3.2662	359.22	1.356.10	—3.12	0.87
» » II	—	—	19.8	1.0427	1.54037	3.2220	358.77	—	—2.67	0.75
18. р. крезоль	—	—	17.7	1.0340	1.54142	3.2883	355.13	—	+0.97	0.27
19. т. »	$C_7 H_8 O$	108	13.6	1.0350	1.54177	3.2900	355.32	—	+0.78	0.21
20. о. »	—	—	23.2	1.0427	1.54576	3.2943	355.78	—	+0.32	0.09
21. Метилгексилкарбиноль	$C_8 H_{18} O$	130	20	0.8193	1.42444	3.2079	417.62	1.414.17	—2.85	0.68
22. Аллидиэтилкарбиноль	$C_8 H_{16} O$	128	22.4	0.8464	1.44064	3.2061	410.37	1.406.44	—	—
								2.412.83	+2.46	0.59
23. Метилгептеноль	—	—	20	0.8545	1.4505	3.1766	406.60	—	—0.24	0.06
24. Диметилгексагидрофеноль	—	—	16.0	0.9019	1.4574	3.3090	423.55	420.94	—2.61	0.61
25. Аллиметилпропилкарбиноль	—	—	20.0	0.8350	1.4382	3.1795	406.97	406.44	—0.43	0.10
26. Диаллилметилкарбиноль	$C_8 H_{14} O$	126	21.3	0.8430	1.44141	3.1897	401.90	1.398.70	—3.20	0.80
								2.405.09	—	—

1) Ландольтъ, L. T. 2) Кортенъ, id. 3) — 7) Брюль, id. 8) Ландольтъ, пр. 1-й, Пр. 2 — Эйкманъ, I. с. 9) — 10) Брюль, id. 11) Канонниковъ, id. 12) Ландольтъ, пр. I; Эйкманъ, Rec. destrav. P. V. XII, 161 и 268 пр. II. 13) Эйкманъ, I. с. 14) Кновенагель, Lieb. Ann. 289, 141. 15) Валлахъ, Lieb. Ann. 289, 339. 16) Канонниковъ, L. T. 17) Брюль, L. T. пр. I; Эйкманъ, пр. II. 18) Эйкманъ, I. с. 19) — 20) Эйкманъ, I. с. 21) Брюль, L. T. 22) Канонниковъ, id. 23) Тиманъ, Ber. Ber. 31, 2992. 24) Кновенагель, Lieb. Ann. 297, 117. 25) — 26) Канонниковъ, id.

	P	M	t	d	n	D	MD	(MD)	Diff.	въ %
27. Дигидроизофоролъ	$C_9 H_{18} O$	142	16.0	0.9006	1.4550	3.3193	471.34	1.462.57	—	—
								2.468.96	+2.38	0.50
28. Аллилметилнорбутилкарби- нолъ	$C_9 H_{18} O$	142	20.0	0.84366	1.44246	3.1856	452.35	1.448.07	+2.11	0.46
								2.454.46	—	—
29. » » втор »	—	—	20.0	0.85394	1.44719	3.2015	454.61	—	—0.15	0.03
30. » » трет »	—	—	20.0	0.85508	1.44759	3.1967	453.93	—	+0.53	0.11
31. Фенилпропильный спиртъ . .	$C_9 H_{12} O$	136	20	1.0079	1.53565	3.2340	439.82	439.37	—0.45	0.10
32. Коричный спиртъ	$C_9 H_{10} O$	134	24.8	1.04017	1.57990	3.1259	418.86	1.435.51	—	—
								2.418.09	—0.77	0.18
33. Шавиколъ	$C_9 H_{10} O$	134	18	1.033	1.5441	3.2717	438.43	435.37	—3.06	0.70
34. Аллилдипропилкарбинолъ . .	$C_{10} H_{20} O$	156	17.4	0.8543	1.44511	3.1797	496.03	1.489.71	—	—
								2.496.10	+0.07	0.01
35. l. Цитронеллолъ (родинолъ)	$C_{10} H_{20} O$	156	20	0.8612	1.45789	3.1569	492.47	489.71	—2.76	0.56
36. g. цитронеллолъ	$C_{10} H_{20} O$	156	17.5	0.8565	1.45659	3.1452	490.65	489.71	—0.94	0.19
37. Дигидролиналлолъ	—	—	20	0.8315	1.44809	3.1055	484.45	482.92	+1.53	0.32
38. Оксигексагидроцимолъ . . .	—	—	23.0	0.900	1.46246	3.2709	510.26	504.21	—	—
								2.510.60	+0.34	0.06
39. Метилизопропилгексагидро- фенолъ	—	—	13.6	0.902	1.4645	3.2674	509.71	1. —	—	—
								2.510.60	+0.69	0.13
40. Гексагидрокарвакролъ . . .	—	—	15.0	0.9090	1.4684	3.2663	509.54	2. —	+1.06	0.20
41. Дигидроизопуйолъ	—	—	20.0	0.9065	1.46306	3.2724	510.49	2. —	+0.11	0.02
42. Дигидрокарвотанацетолъ . .	—	—	20.0	0.901	1.4685	3.2382	505.16	1.505.21	+0.05	0.01
43. Тетрагидрокарвеолъ	—	—	20.0	0.900	1.4625	3.2707	510.22	1.505.21	+0.88	0.17
								2.511.10	—	—
44. Дигидрокарвеолъ	$C_{10} H_{18} O$	154	20.0	0.927	1.48168	3.2534	501.07	1.497.47	+2.54	0.50
								2.503.61	—	—
45. Дигидроэйкарвеолъ	—	—	20.0	0.929	1.47586	3.3005	508.27	2.509.75	+1.48	0.29
46. Прав. гидратъ терпена . . .	—	—	20	0.9215	1.47622	3.2658	502.93	1.496.47	—	—
								2.502.86	—0.07	0.01
47. Лѣв. гидратъ терпена	—	—	20	0.9186	1.44453	3.2655	502.89	2. —	—0.03	0.00
48. Терпинеолъ	—	—	20	0.9357	1.48378	3.2717	503.83	2. —	—0.97	0.19
49. Изопулеголъ	—	—	17.5	0.9154	1.47292	3.2635	502.58	1.497.47	+1.03	0.20
								2.503.61	—	—
50. Пулеголъ	—	—	20	0.9120	1.47920	3.2149	495.09	1.497.47	+2.38	0.46

27) id., 132. 28)—30) Щербаковъ, неопуб. наблюд. 31) Брьюль, L. T. 32) Назини, L. T. 33) Эйкманъ, L. T. 34) Канонниковъ, L. T. 35)—36) Тиманъ и Шмидтъ, Ber. Ber. 29, 905. 37) Валлахъ, Lieb. Ann. 278, 315. 38) id., 275, 129. 39) Кновенагель, Lieb. Ann. 297, 117. 40) id., 289, 141. 41)—43) Валлахъ, Lieb. Ann. 286, 102. 44) id., 275, 110. 45) Клагесъ, Ber. Ber. 1899, 2550. 46) Флавицкий, L. T. 47) Куриловъ, J. р. Ch. 48) Валлахъ, Lieb. Ann. 245, 195. 49) Тиманъ и Шмидтъ, Ber. Ber. 30, 23. 50) Валлахъ, Ber. Ber. 29, 2955.

	<i>P</i>	<i>M</i>	<i>t</i>	<i>d</i>	<i>n</i>	<i>D</i>	<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
51. Пинокамфеоль	—	—	20.0	0.9655	1.48612	3.3617	517.70	1.510.97	—	
								2.517.11	—0.59	0.11
52. Фенхоленовый спиртъ . . .	$C_{10}H_{18}O$	154	20.0	0.922	1.47321	3.2853	505.92	1.510.97	—5.05	0.98
53. Пинололъ	—	—	20.0	0.913	1.47292	3.2650	502.71	2.502.86	+0.05	0.01
54. Тапацетоль	—	—	20.0	0.9249	1.4635	3.3558	516.79	1.510.97	+0.32	0.06
								2.517.11		
55. l-линаллолъ	$C_{10}H_{18}O$	154	20.0	0.8622	1.46108	3.1416	483.20	1.481.97	—1.23	0.25
56. d-линаллолъ	—	—	17.5	0.8726	1.46455	3.1490	484.94	—	—2.97	0.61
57. Діаллилпропилкарбинолъ . .	—	—	21.8	0.86416	1.45652	3.1765	489.19	1. —		
								2.488.36	—0.83	0.17
58. Карвеоль I	$C_{10}H_{16}O$	152	20	0.929	1.48197	3.2588	495.33	1.488.74	—0.20	0.04
(карвенонъ) II	—	—	19.1	0.9271	1.48377	3.2417	492.73	2.495.13	+2.40	0.48
59. Карвакролъ I	$C_{10}H_{14}O$	150	18.6	0.9774	1.5245	3.1918	478.77	1.481.00	+2.23	0.46
» II	—	—	21.4	0.9750	1.52367	3.1882	478.23	—	+2.77	0.57
60. Изобутилфенолъ	—	—	113.6	0.9081	1.48577	3.1641	474.61	1.481.00		
								2.474.22	—0.39	0.08
61. Тимоль I	—	—	9.6	0.9816	1.52730	3.1908	478.62	1.481.00	+2.38	0.49
»	—	—	80.1	0.9257	1.49563	3.1743	476.14	2.474.22	—1.92	0.40
» II	—	—	24.4	0.96895	1.51893	3.1926	478.89	1. —	2.11	0.43
62. α. Нафтолъ	$C_{10}H_8O$	144	98.7	1.09539	1.62064	3.1157	448.16	1.452.96	+4.30	0.95
								2.448.76	+0.60	0.13
63. Изобутилгексагидрокрезоль	$C_{11}H_{22}O$	170	21.5	0.8909	1.4614	3.2443	551.53	1.545.84		
								1.552.23	+0.70	0.12
64. Метил-α-нафтолъ	$C_{11}H_{10}O$	158	13.9	1.09636	1.62322	3.1159	492.31	494.60	+2.29	0.46
65. Гексилгексагидрокрезоль .	$C_{13}H_{26}O$	198	21.5	0.884	1.4617	3.2173	637.02	1.629.11		
								2.636.00	—1.02	0.16
66. Метилфенилциклогексанолъ	$C_{13}H_{16}O$	188	18	1.024	1.5395	3.2662	614.03	610.74	—3.29	0.53
67. Пропил-α-нафтолъ	$C_{13}H_{14}O$	186	18.4	1.04471	1.59277	3.0838	573.58	1.577.86	+4.28	0.74
68. Амилтимоль	$C_{15}H_{24}O$	220	14.1	0.90346	1.4923	3.1124	684.72	1.689.17	+4.45	0.65
69. Амил-α-нафтолъ	$C_{15}H_{18}O$	214	14.2	1.00689	1.57049	3.0661	656.13	1.661.13	+5.00	0.76
70. Амил-β-нафтолъ	—	—	12.0	1.01555	1.57679	3.0654	656.00	1. —	+5.13	0.78
71. Цетильный спиртъ	$C_{16}H_{34}O$	242	79.4	0.7984	1.42829	3.1009	750.41	747.23	—3.18	0.42
72. Этиленгликоль	$C_2H_6O_2$	62	20.0	1.1072	1.42743	4.3085	267.12	269.0	+1.19	0.74
73. Фуриловый спиртъ	$C_5H_6O_2$	98	22.7	1.12824	1.48515	3.9354	385.67	1.372.74		
								2.383.59	—2.08	0.54
74. Глицеринъ	$C_3H_8O_3$	92	20.0	1.2590	1.47293	4.4895	413.03	415.48	+2.45	0.60
75. Эритреитъ	$C_4H_{10}O_4$	122	—	—	—	4.5649	556.91	561.86	+4.95	0.88
76. Кверцитъ	$C_6H_{12}O_5$	164	—	—	—	4.6266	758.76	756.63	—2.15	0.28

51) id., Lieb. Ann., 300, 288. 52) Валлахъ, Ber. Ber. 300, 311. 53) id., 306, 267. 54) Землеръ, Ber. Ber. 25, 3349. 55)—56) Тиманъ, Ber. Ber. 31, 805. 57) Канонниковъ, L. T. 58) Валлахъ, Lieb. Ann. 275, 129 пр. I, Брюль, Ber. Ber. 1899, 1224 пр. II. 59) id., пр. I. Эйкманъ, пр. II, l. c. 60)—61) id.; пр. II, Назини, L. T. 62) id.; 63) Кновенагель, Lieb. Ann. 289, 141. 64) Назини, L. T. 65) Кновенагель, см. 62. 66) Кновенагель, Lieb. Ann. 305, 260. 67)—68) Назини, L. T. 69)—70) Назини, L. T. 71) Эйкманъ, Rec. l. c. 72) Ландольтъ, L. T. 73) Назини, и Каррара, L. ph. Ch. 17, 555. 74) Ландольтъ, L. T. 75) Канонниковъ, Journ. pr. chem. 76) Канонниковъ, id.

Приложение III.

Эфиры.

	<i>P</i>	<i>M</i>	<i>t</i>	<i>d</i>	<i>n</i>	<i>D</i>	<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
1. Окись этилена.	C_2H_4O	41	7.0	0.88654	1.35965	4.0205	176.90	1.158.57		
								2.176.84	—0.06	0.03
2. Этильный эфиръ.	$C_4H_{10}O$	74	17.1	0.7183	1.35424	3.3031	244.43	1.243.77	—0.66	0.27
3. Фуранъ.	C_4H_4O	68	21.6	0.90857	1.41032	3.6667	249.33	1.226.37		
								2.251.12	—2.39	0.95
4. Пропилэтильный эфиръ. . .	$C_5H_{12}O$	88	20	0.7386	1.36948	3.2695	287.71	1.285.40	—2.31	0.80
5. Аллилэтильный	$C_5H_{10}O$	86	20	0.7651	1.3887	3.2401	278.63	1.277.67	—0.96	0.36
6. Пропаргилэтильный	C_5H_8O	84	20	0.8326	1.4039	3.4051	286.02	1.277.67		
								2.288.51	+2.49	0.86
7. Диметилфуранъ	C_6H_8O	96	17.7	0.90264	1.44270	3.3397	320.61	1.309.24		
								2.320.48	—0.13	0.04
8. Анизоль I	C_7H_8O	108	21.8	0.98784	1.51503	3.2756	353.76	1.352.24	—1.52	0.43
» II	—	—	22	0.9902	1.51612	3.2777	353.99	—	—1.75	0.49
» III	—	—	85.7	0.9295	1.48356	3.2514	352.15	—	—0.09	0.02
9. Метилпаратоллильный. . . .	$C_8H_{10}O$	122	8.9	0.9804	1.5202	3.2223	393.12	1.393.87	+0.75	0.19
10. Метиметатоллильный	—	—	13.5	0.9778	1.5183	3.2248	393.42	—	+0.45	0.11
11. Метилортотоллильный. . . .	—	—	15.4	0.9851	1.5216	3.2395	395.22	—	—1.35	0.34
12. Кумаронъ.	C_8H_6O	118	16.3	1.09714	1.56897	3.3489	395.17	1.384.20		
								2.395.05	—0.12	0.03
13. Аллилфенильный эфиръ . .	$C_9H_{10}O$	134	17.6	0.9825	1.5214	3.2256	432.23	1.428.77	—3.46	0.80
14. р. метилкумаронъ	C_9H_8O	132	15.0	1.0467	1.5470	3.3005	435.66	1.425.83		
	—	—						2.436.68	+1.02	0.23
15. т. метилкумаронъ	—	—	—	1.0560	1.5540	3.2949	434.92	2.436.68	+1.76	0.40
16. Цинеолъ	$C_{10}H_{18}O$	154	20	0.9267	1.45839	3.3933	522.56	1.498.40		
								2.523.76	+1.20	0.23
17. Пиноль I	$C_{10}H_{16}O$	164	20	0.953	1.46949	3.4188	519.65	1.490.67	—3.63	0.70
								2.516.02		
» II	—	—	—	0.9455	1.47096	3.3829	514.20	2. —	+1.83	0.35
18. Аллилпаракрезольный . . .	$C_{10}H_{12}O$	148	10.0	0.98696	1.5323	3.1835	471.15	1.469.40	—1.75	0.37
19. Метилшавиколъ	—	—	11.5	0.979	1.5244	3.1885	471.89	1. —	—2.49	0.53
20. Анетолъ I	—	—	12.0	0.997	1.5624	3.0718	454.62	1.469.40		
								2.453.95	—0.67	0.14
(синтетическій) II	—	—	21.0	0.987	1.5614	3.0438	450.48	2. —	+3.47	0.76
(изъ анизолъ) III	—	—	21.6	0.98556	1.55913	3.0697	454.31	2. —	—0.36	0.08

1) Перкинъ, J. chem. Soc. 63, 489. 2) Брюль, Ber. Ber. 30, 158. 3) Назини и Каррара, J. pr. Ch. 17549. 4)—5) Брюль, L. T. 6) Брюль, L. T. 7) Назини и Каррара, J. pr. Ch. 17, 540. 8) Назини, L. T. пр. I; прим. II, прим. 2 — Эйкманъ, Rec. des trav. P. B. XII, 161, 268. 9)—11) Гладстонъ, J. ch. S. 69, 1229. 12) Геннари, J. pr. ch. 17, 555. 13) Назини, L. T. 14)—15) Штермеръ, Ber. Ber. 30, 1701. 16) Валлахъ, L. T. 17) Валлахъ, Lieb. App. 253, 255; 271, 115; 201, 131. 18) Назини, L. T. 19) Эйкманъ, L. T. 20) пр. I, Эйкманъ, L. T. пр. II, Гладстонъ, L. T. пр. III, Назини и Беригеймъ L. T.

	<i>P</i>	<i>M</i>	<i>t</i>	<i>d</i>	<i>n</i>	<i>D</i>	<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
21. т. р. Диметилкумаронъ . . .	$C_{10}H_{10}O$	146	15.0	1.0600	1.5515	3.3198	484.69	1.467.47	—	1.02
	—	—	—	—	—	—	—	2.478.32	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	3.481.92	—2.77	0.57
22. о. р. Диметилкумаронъ . . .	—	—	16.0	1.0360	1.5412	3.2957	481.17	2. —	+2.85	0.60
23. о. т. Диметилкумаронъ . . .	—	—	20.0	1.0410	1.5490	3.2738	477.97	2. —	+0.35	0.07
24. Борнимиетильный эфиръ . .	$C_{11}H_{20}O$	168	23.4	0.9135	1.46237	3.3205	557.82	1.548.74	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	2.559.59	+1.77	0.30
25. Карвеолметильный	$C_{11}H_{18}O$	166	18	0.9065	1.47586	3.2146	533.62	1.526.50	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	2.531.92	—1.70	0.32
26. Фенилизоамильный	$C_{11}H_{16}O$	164	22.1	0.9198	1.49176	3.1717	520.15	518.77	—1.38	0.26
27. Этилшавиколь	$C_{11}H_{14}O$	162	12.2	0.961	1.5179	3.1716	513.80	1.516.83	+3.03	0.59
28. о. т. р. Триметилкумаронъ .	$C_{11}H_{12}O$	160	21	1.0205	1.5470	3.2179	514.86	1.509.10	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	2.514.52	—0.34	0.06
29. Ментилэтильный эфиръ . .	$C_{12}H_{24}O$	184	17.1	0.8535	1.44347	3.2164	591.81	1.583.60	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	594.45	+2.64	0.44
30. Борнилэтильный	$C_{12}H_{22}O$	182	24.7	0.8969	1.45554	3.3023	601.01	1.590.37	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	2.601.22	+0.21	0.03
31. α. Нафтилэтильный	$C_{12}H_{12}O$	172	32.3	1.0491	1.59509	3.0876	531.06	1.532.36	+1.30	0.24
32. β. »	—	—	35.6	1.05013	1.59752	3.0799	529.74	1. —	+2.62	0.49
33. Фенильный	$C_{12}H_{10}O$	170	24.0	1.0744	1.5826	3.2102	545.73	1.543.97	—1.76	0.32
34. Крезильный	$C_{14}H_{14}O$	198	16.0	1.0352	1.5700	3.1551	624.71	1.627.23	+2.52	0.40
35. Фенилцетильный	$C_{22}H_{38}O$	318	82.4	0.8434	1.45866	3.0866	981.53	1.986.74	+5.21	0.53
36. α. Этаноксипинакононъ . .	$C_{22}H_{36}O$	316	61.0	0.9448	1.49326	3.2495	1026.84	1.1027.01	+0.17	0.01
37. Метилоть	$C_3H_8O_2$	76	18.2	0.8621	1.35397	3.9661	301.42	1.299.14	—2.28	0.76
38. Ацетоль	$C_6H_{14}O_2$	118	20	0.8314	1.38193	3.5731	421.62	1.424.03	+2.41	0.56
39. Гваяколь	$C_7H_8O_2$	124	21.4	1.1287	1.54383	3.5764	443.57	1.456.98	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	2.441.50	—2.07	0.47
40. Метилгваяколь I.	$C_8H_{10}O_2$	138	21.2	1.0811	1.53440	3.4750	479.55	1.490.84	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	2.475.36	—4.19	0.88
41. Диметилрезорциноль	—	—	10.9	1.0649	1.5249	3.4754	479.60	2. —	—4.24	0.89
42. Двуокись танацетогена . .	$C_9H_{16}O_2$	156	20	0.9775	1.4450	3.5535	554.34	1.553.77	—0.57	0.10
43. Этилгваяколь	$C_9H_{12}O_2$	152	17.4	1.0505	1.52575	3.4237	520.40	1.532.50	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	2.517.02	—3.38	0.65
44. Дигидрокамфиленлактонъ .	$C_{10}H_{16}O_2$	168	20	1.0303	1.46801	3.6900	619.92	1.606.25	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	2.616.90	—3.02	0.49

21)–23) Штермеръ, Ber. Ber. 30, 1701. 24) Брюль, манъ, Res. I. c. 36) Бекманъ, Lieb. Ann. 292, 23. 37) L. T. 25) Валлахъ, Lieb. Ann. 281, 131. 26) Эйкманъ, Брюль, Ber. Ber. 30, 159. 38) Брюль, L. T. 39) Эйкманъ, Resueil. XII, 161. 27) Эйкманъ, L. T. 28) Штермеръ I. c. Res. I. c. 40) Гладстонъ, J. ch. S. 69, 1229. 41) Глад- 29)–30) Брюль, L. T. 31)–32) Гладстонъ, J. ch. S. 69, стонъ, I. c. 42) Тиманъ, Ber. Ber. 30, 434. 43) Эйкманъ, 1229. 33) Гладстонъ, L. T. 34) Гладстонъ, L. T. 35) Эйк- Res. I. c. 44) Тиманъ, см. 42.

	<i>P</i>	<i>M</i>	<i>t</i>	<i>d</i>	<i>n</i>	<i>D</i>	<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
45. Эйгенолъ	$C_{10}H_{12}O_2$	164	14.5	1.0720	1.5439	3.3886	555.73	1.574.14		
								2.556.72	0.99	0.17
46. Изоейгенолъ	—	—	18.0	1.0900	1.5680	3.3317	546.39	2.541.24	—5.15	0.92
								3.546.62	+0.27	0.05
47. Шавибетолъ	—	—	16.0	1.0650	1.5397	3.3959	556.92	2.556.72	—0.20	0.03
48. Изосафронъ	$C_{10}H_{10}O_2$	162	12.0	1.1280	1.5763	3.4072	551.96	1.564.45		
								2.548.97	—2.99	0.54
49. Сафролъ I	—	—	17.0	1.0050	1.5410	3.5164	569.65	1.564.45	—5.20	0.79
» II	—	—	17.8	1.0956	1.5363	3.5121	568.96	1. —	—4.51	0.89
50. Метилэйгенолъ	$C_{11}H_{14}O_2$	178	11.0	1.0410	1.5373	3.3317	593.04	1.622.53		
								2.589.31	—3.73	0.62
51. Метилизоэйгенолъ	—	—	11.5	1.0640	1.5720	3.2336	575.58	2.622.53		
								2.575.13	—0.45	0.08
52. Этилэйгенолъ	$C_{12}H_{16}O_2$	192	9.5	1.0210	1.5301	3.3047	634.50	1.664.17		
								2.630.95	—3.55	0.56
53. Этилизоэйгенолъ	—	—		1.044	1.5607	3.2256	619.29	1.664.17		
								2.616.77	—2.52	0.40
54. Этилшавибетолъ	—	—	11.5	1.013	1.5267	3.2966	632.94	1.664.17		
								2.630.95	—1.99	0.31
55. Этилизошавибетолъ	—	—		1.039	1.5602	3.2111	616.53	1.664.17		
								2.616.77	+0.24	0.03
56. Амилэйгенолъ	$C_{15}H_{22}O_2$	234	14.8	0.97291	1.51284	3.2377	757.62	1.789.07		
								2.755.81	—1.77	0.23
57. Цетилгваяколъ	$C_{23}H_{40}O_2$	344	79.4	0.8749	1.46438	3.1683	1089.89	1.1115.39		
								2.1084.43	—5.46	0.50
58. Ортомуравейный эфиръ . .	$C_7H_{16}O_3$	148	18.8	0.8971	1.3918	3.7661	557.38	1.562.63	+5.25	0.93
59. Азаролъ	$C_{12}H_{16}O_3$	208		1.091	1.5719	3.3162	689.76	1.692.49	+2.73	0.39
60. α. нафтоксилацетолъ . . .	$C_{16}H_{20}O_3$	260	16.0	1.0698	1.5610	3.3036	858.93	1.892.90		
								2.860.00	+1.07	0.12
61. β. »	—	—	—	1.0654	1.5570	3.3095	860.47	2. —	—0.53	0.06
62. Ортоугольный эфиръ . . .	$C_9H_{20}O_4$	192	18.5	0.9197	1.39354	3.8488	738.97	742.94	+3.97	0.53
63. Атолъ	$C_{12}H_{14}O_4$	222	14.0	1.176	1.5380	3.7598	834.67	1.841.73	+7.06	0.83
64. Изатолъ	—	—	—	1.200	1.5677	3.6696	814.65	1.841.73		
								2.810.77	—3.88	0.47

45)—49) Эйкманъ, Л. Т. 49) пр. II. Полдекъ, Л. Т. I. с. 58) Брюль, Ber. Ber. 30, 158. 59) Эйкманъ, Ber. Ber. 50)—52) Эйкманъ, Л. Т. 53)—55) Эйкманъ, Ber. Ber. 23, 859. 60)—61) Штермеръ, I. с. 62) Брюль, Ber. Ber. 859. 56) Эйкманъ, Ber. Ber. 23, 859. 57) Эйкманъ, Res. 30, 158. 63)—64) Эйкманъ, Ber. Ber. 23, 859.

Приложение IV.

Альдегиды и Кетоны.

	<i>P</i>	<i>M</i>	<i>t</i>	<i>d</i>	<i>n</i>	<i>D</i>	<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
1. Уксусный альдегидъ	$C_2 H_4 O$	44	20	0.7799	1.33157	3.8063	167.47	167.27	—0.20	0.12
2. Пропіоновый	$C_3 H_6 O$	58	20	0.8066	1.36356	3.6212	210.03	208.90	—1.13	0.54
3. Ацетонъ	—	—	20	0.7920	1.35915	3.6082	209.27	—	—0.37	0.18
4. Акролеинъ	$C_3 H_4 O$	56	20	0.8410	1.39975	3.4709	194.37	1.201.17	—	—
5. Нор. масляный альдегидъ	$C_6 H_8 O$	72	20	0.8170	1.38433	3.4916	251.39	250.53	—0.86	0.34
6. Изомасляный	—	—	20	0.7938	1.37302	3.4840	250.84	—	—0.31	0.12
7. Метилэтилкетонъ	—	—	20	0.82667	1.39049	3.4884	250.80	—	—0.27	0.10
8. Валероль	$C_5 H_{10} O$	86	20	0.7984	1.38824	3.3816	290.81	292.17	+1.36	0.47
9. Діэтилкетонъ I	—	—	19.1	0.8159	1.39265	3.4210	294.21	—	—2.04	0.70
» II	—	—	15.7	0.8178	1.39478	3.4128	293.50	—	—1.33	0.45
10. Окись мезитила	$C_6 H_{10} O$	98	20	0.8578	1.44397	3.2295	316.49	1.326.07	—	—
								2.316.43	—0.06	0.01
11. β-метилкетопептаметиленъ	—	—	20	0.9042	1.4330	3.4900	342.02	340.57	—1.55	0.45
12. Энантолъ	$C_7 H_{14} O$	114	20	0.8495	1.42571	3.3174	378.18	375.43	—2.75	0.73
13. Дипропилкетонъ I	—	—	21.7	0.8160	1.40732	3.3122	377.60	375.43	—2.17	0.57
» II	—	—	15.1	0.8205	1.41027	3.3097	377.30	—	—1.93	0.51
14. Метилциклогексанонъ I	$C_7 H_{12} O$	112	21	0.9150	1.4456	3.4339	384.60	382.20	—2.40	0.63
» II	—	—	20	0.9071	1.44174	3.4300	384.16	—	—1.96	0.51
» III	—	—	18	0.9151	1.4449	3.4306	384.22	—	—2.02	0.53
15. Метилциклогексеноль	$C_7 H_{10} O$	110	18.5	0.9726	1.4920	3.3524	368.76	1.374.47	—	—
								2.369.15	+0.39	0.10
16. Тропиленъ	—	—	19	0.9829	1.49381	3.3773	371.72	374.47	+2.75	0.73
17. Бензойный альдегидъ	$C_7 H_6 O$	106	20	1.0455	1.54638	3.2998	349.74	1.359.00	—	—
								2.346.91	—2.83	0.81
18. Метилгексилкетонъ	$C_8 H_{16} O$	128	16.3	0.8201	1.41724	3.2593	417.19	417.07	—0.12	0.02
			81.2	0.7665	1.38823	3.2465	415.55	—	+1.52	0.36
19. Диметил 1.3 циклогексанонъ	$C_8 H_{14} O$	126	17.0	0.8994	1.4450	3.3791	425.76	423.83	—1.93	0.45
20. Метилгексиленкетонъ	—	—	20	0.853	1.44003	3.2363	407.77	408.23	+0.46	0.11
21. Диметил 1.3 циклогексеноль	$C_8 H_{12} O$	124	20.5	0.9418	1.4828	3.2988	409.05	1.416.10	—	—
								2.410.78	+1.73	0.42
22. Тонацетофоронъ	—	—	20	0.9878	1.4817	3.2917	408.17	1.416.10	—	—
								2.410.78	+2.61	0.63

1) Ландольтъ, L. T. 2)—8) Брюль, L. T. 9) пр. I Брюль, J. pr. Ch. 50, 140; пр. II, Эйкманъ, Rec. destrav. ch. XII, 161—268. 10) Брюль, L. T. 11) Землеръ, Ber. Ber. 25, 3349. 12) Брюль, L. T. 13) пр. I Брюль J. pr. Ch. 50, 140; пр. II, Эйкманъ, Rec. I. c. 14) пр. I Валлахъ, Lieb. App. 289, 12; пр. II Тиманъ и Шмидтъ, Ber. Ber. 30, 23; пр. III Кновенагель и Тюббенъ, Lieb. App. 297, 138. 15) Кновенагель, Lieb. App. 25, 3071. 16) Эйкманъ, Lieb. App. 25, 3071. 17) Ландольтъ, L. T. 18) Эйкманъ, Rec. I. c. 19) Кновенагель, Lieb. App. 297, 150. 20) Валлахъ, Lieb. App. 258, 35 и 272, 120. 21) id. 138. 22) Землеръ, Ber. Ber. 25, 3344 и 30, 434.

	<i>P</i>	<i>M</i>	<i>t</i>	<i>d</i>	<i>n</i>	<i>D</i>	<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
23. Ацетофенонъ	C_8H_8O	120	19.6	1.0277	1.53418	3.3048	396.57	1.400.64	—	—
								3.395.32	—1.25	0.32
24. Метилгентиленкетонъ	$C_9H_{16}O$	140	20	0.8540	1.44104	3.2366	453.13	480.97	—2.16	0.47
25. Кетонъ изъ пулегеновой кис.	—	—	21	0.8925	1.44506	3.2529	469.70	1.465.47	—	—
								2.471.86	+2.16	0.45
26. Дигидроизофоронъ	—	—	15	0.8923	1.4455	3.3493	468.70	1. —	—3.23	0.70
27. Двуоксатанацетогенъ	—	—	20	0.9775	1.4450	3.5535	554.34	1.553.77	—0.57	0.10
28. Триметил-1,3,3 циклогексе- нонъ.	$C_9H_{14}O$	138	18	1.9228	1.4766	3.2681	450.99	1.457.73	—	—
								2.452.91	+1.92	0.42
29. Изокамферфоронъ	—	—	18	0.9424	1.48458	3.3107	456.87	1.457.73	+0.86	0.18
30. Форонъ I	—	—	20	0.8850	1.49932	3.0100	415.38	1.443.23	—2.90	0.70
» II	—	—	28.5	0.88067	1.49710	3.0090	415.24	2.412.48	—2.76	0.67
31. Коричный альдегидъ	C_9H_8O	132	20	1.0497	1.61949	2.9902	394.87	1.434.54	—	—
								2.392.94	—1.93	0.49
32. Цитронеллоль I	$C_{10}H_{18}O$	154	17.5	0.8554	1.4461	3.2070	493.87	492.60	—1.27	0.25
» II	—	—	17.5	0.8538	1.4481	3.1886	491.04	—	+1.56	0.31
33. Ментоцитронеллоль	—	—	20.0	0.8455	1.43903	3.2242	496.52	—	—3.92	0.78
34. Метилизопропилциклогекса- нонъ.	—	—	18.0	0.9040	1.45359	3.3408	514.49	1.507.10	—	—
								2.513.49	—1.00	0.19
35. Тетрагидрокарвонъ	—	—	20	0.9040	1.45539	3.3213	511.48	1.507.10	—	—
								2.513.49	+2.01	0.39
36. Лѣвый ментонъ	—	—	12	0.896	1.4525	3.3202	511.31	2. —	+1.8	1.42
37. Правый ментолъ	—	—	12	0.900	1.4536	3.3259	512.19	2. —	+1.30	0.25
38. Туйаментонъ	—	—	20	0.897	1.4541	3.3160	510.66	2. —	+2.83	0.55
39. Пулегонъ	$C_{10}H_{16}O$	152	17.5	0.9368	1.4865	3.2700	497.04	1.499.47	2.33	0.46
40. Изопулегонъ	—	—	17.5	0.9213	1.4690	3.3083	502.86	2.505.76	+2.90	0.57
41. Ортопулегонъ	—	—	20	0.9180	1.46732	3.3065	502.58	2. —	+3.18	0.62
42. Карвотанацетонъ I	—	—	20	0.9351	1.48056	3.2883	499.82	1.499.37	—0.45	0.09
» II	—	—	20	0.9373	1.48350	3.2790	498.40	1. —	0.97	0.18
43. Изотуйонъ	—	—	20	0.9285	1.48227	3.2553	499.80	1.499.37	—	—
								2.494.05	—0.75	0.15
44. Метилизопропилциклогексе- нонъ	—	—	15.0	0.939	1.4890	3.2534	494.51	2.494.05	—0.46	0.09
45. Дигидрокарвонъ I	—	—	19	0.928	1.47174	3.3156	503.97	1.499.37	+1.79	0.35

23) Брюль, J. pr. Ch. 50, 140. 24) Валлахъ, Lieb. Ann. 272, 116. 25) id. 289, 350. 26) Тиманъ и Землеръ, Ber. Ber. 30, 434. 27)—28) Кновенагель, Lieb. Ann. 297, 117, ch. 29) Тиманъ и Шмидтъ, Ber. Ber. 30, 249. 30) Брюль, пр. I и Канонниковъ, пр. II, L. T. 31) Брюль, l. c. 32) Тиманъ и Шмидтъ, Ber. Ber. 29, 905 и 1899, 818. 33) Валлахъ, Lieb. Ann. 296, 120. 34) Кновенагель, Lieb. Ann. 297, 170. 35) Валлахъ, Lieb. Ann. 175, 222. 36)—

37) Бекманъ, Lieb. Ann. 250, 329. 38) Валлахъ, Lieb. Ann. 286, 107. 39)—40) Тиманъ и Шмидтъ, Ber. Ber. 30, 23. 41) Валлахъ, Ber. Ber. 29, 2955. 42) пр. I Брюль, Ber. Ber. 1899, 1224; пр. II Валлахъ, Lieb. Ann. 286, 102. 43) Валлахъ, см. 41. 44) Кновенагель, Lieb. Ann. 297, 138. 45) Валлахъ, Lieb. Ann. 275, 110 пр. I; Брюль Ber. Ber. 1899, 1224, пр. II.

	<i>P</i>	<i>M</i>	<i>t</i>	<i>d</i>	<i>n</i>	<i>D</i>	<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
Дигидрокарвонъ II	—	—	17.5	0.9273	1.47175	3.3130	503.57	2. —	+2.19	0.42
46. Дигидрозѣйкарвонъ I	$C_{10}H_{16}O$	152	18.9	0.9232	1.46739	3.3248	505.36	1.489.14	+3.34	0.66
» II	—	—	20	0.927	1.46978	3.3238	505.21	2.502.02	+3.19	0.60
47. Каронъ	—	—	18.8	0.9577	1.47878	3.3786	513.70	1.513.18	—0.52	0.10
48. Танацетонъ-туйонъ I	—	—	20	0.9175	1.45109	3.4069	517.84	1.513.18	+2.40	0.46
» II	—	—	17.6	0.9182	1.45220	3.4026	517.19	2. —	+3.05	0.58
» III	—	—	15.9	0.9197	1.45297	3.4029	517.24	2. —	+3.00	0.57
» IV	—	—	20.0	0.9126	1.4495	3.4124	518.68	2. —	+1.56	0.30
49. Пинокамфолъ	—	—	21	0.959	1.47273	3.4201	519.85	1.513.87	—	—
50. Правый фенхонъ	—	—	19	0.9465	1.46306	3.4449	523.62	1.513.87	+3.38	0.65
51. Лѣвый фенхонъ	—	—	20	0.9480	1.46355	3.4384	522.63	2.520.24	+2.39	0.46
52. Изокарвонъ	$C_{10}H_{14}O$	150	19	0.989	1.5067	3.3248	498.72	1.491.63	—	—
53. Карвонъ	—	—	18.2	0.9626	1.49994	3.2731	490.96	1.491.63	+0.67	0.13
54. Эйкарвонъ	—	—	20.0	0.952	1.5048	3.2120	481.81	1.491.63	—0.81	0.17
55. Бидиклопентепентанонъ	—	—	20	1.0176	1.52095	3.3421	501.31	1.506.13	—	—
56. Куминовый альдегидъ	$C_{10}H_{12}O$	148	20	0.9775	1.5301	3.1638	468.24	1.483.90	—	—
57. Метилизобутилгексенонъ	$C_{11}H_{18}O$	166	21.5	0.9198	1.4807	3.2338	536.81	1.541.00	—	—
58. Этилкамфора I	$C_{12}H_{20}O$	180	24.3	0.9340	1.46864	3.3559	604.06	1.597.14	—	—
» II	—	—	20	0.9446	1.47186	3.3740	607.32	2.609.93	+2.61	0.42
59. Метилгексилгексенонъ	$C_{13}H_{22}O$	194	21.5	0.9003	1.4738	3.2026	621.30	1.624.27	+2.58	0.41
60. α-Иононъ	$C_{13}H_{20}O$	192	20	0.9320	1.4980	3.1796	610.48	1.616.57	+0.77	0.12
61. β-Иононъ	—	—	17	0.9460	1.5210	3.1339	601.70	2.611.84	0.11	0.02
62. Иононъ I	—	—	20	0.9351	1.5070	3.1521	605.20	2.606.54	+1.34	0.20
» II	—	—	20	0.9380	1.5070	3.1516	605.10	2. —	+1.44	0.23
63. Псевдоионон I	—	—	20	0.8950	1.5305	2.8659	550.21	1. —	—	—
» II	—	—	20	0.8980	1.53155	2.8996	556.72	2.560.24	+3.52	0.62
64. Туберонъ	—	—	14	0.9707	1.5160	3.2137	617.03	616.57	—0.47	0.07

46) пр. I Брюль, I. с.; пр. II Клагесъ, Ber. Ber. 1899, 2560—70. 47) Брюль, I. с. 48) пр. I Валлахъ, Lieb. Ann., 286, 102, пр. II и III, Брюль I. с., пр. IV, Земмлеръ, Ber. Ber. 25, 3349. 49) Валлахъ, Lieb. Ann. 300, 288. 50)—51) Валлахъ, Lieb. Ann. 267, 131. 52) id. 279, 387. 53) Брюль, I. с. 54) Валлахъ, Lieb. Ann. 305, 238. 55) Валлахъ, Ber. Ber. 29, 2955. 56) Гладстонъ, L. T. 57) Кновенагель, см. 50. 58) пр. I Брюль, пр. II Канонниковъ, L. T. 59) Кновенагель, I. с. 60)—63) Тиманъ, Ber. Ber. 31, 871; 31, 844; 32, 829. 64) Верлей, Bull. Soc. Ch. 1899, 21, 306.

	<i>P</i>	<i>M</i>	<i>t</i>	<i>d</i>	<i>n</i>	<i>D</i>	<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
65. Бициклометилгексенметил- гексанонъ	$C_{14}H_{22}O$	206	20°	0.9635	1.4955	3.3010	680.00	672.07	—	—
								2.679.06	—0.94	0.14
66. Діацетилъ I	$C_4H_6O_2$	86	12.2	0.98311	1.39517	4.0991	352.52	1.358.18	+0.34	0.09
» II	—	—	18.5	0.9808	1.39331	4.1067	353.18	2.852.86	—0.32	0.09
67. Гидроцетилацетонъ	$C_5H_{10}O_2$	102	8.6	1.00494	1.44025	3.8110	388.72	1.396.92	—	—
								2.386.28	—2.44	0.66
68. Ацетилпропіонилъ	$C_5H_8O_2$	100	19	0.9565	1.40135	3.9339	393.39	1.399.82	—	—
								2.394.50	—1.11	0.29
69. Ацетилацетонъ I	—	—	11	0.98506	1.454957	3.6309	363.09	1.399.81	—0.03	0.00
» II	—	—	16.7	0.9778	1.45409	3.6101	361.01	2.363.06	+2.05	0.56
» III	—	—	18.1	0.9769	1.45314	3.6127	361.27	—	+1.79	0.49
» IV	—	—	42.7	0.9519	1.44557	3.5727	357.27	—	—	—
» V	—	—	72.4	0.9226	1.43497	3.5396	353.96	—	—	—
70. Фурфуроль	$C_5H_4O_2$	96	20	1.1594	1.52608	3.7666	361.59	1.375.65	—	—
								2.360.17	—1.42	0.40
71. Метилацетилацетонъ I	$C_6H_{10}O_2$	114	8.3	0.99189	1.449414	3.6951	421.28	1.491.45	—4.01	0.96
» II	—	—	15.4	0.9857	1.448198	3.6794	419.45	2.417.27	—2.18	0.52
» III	—	—	20.8	0.9696	1.43969	3.6813	419.66	—	—2.39	0.57
» IV	—	—	80.4	0.915	1.41443	3.6582	417.03	—	+0.24	0.05
72. Ацетонилацетонъ I	—	—	17.0	0.9834	1.42395	3.8550	439.47	1.441.45	—1.98	0.44
» II	—	—	20	0.973	1.4280	3.7822	431.17	2.430.81	—0.36	0.08
73. Салициловый альдегидъ	$C_7H_6O_3$	122	20	1.1671	1.57511	3.5313	430.81	1.467.15	—	—
								2.430.85	0.04	0.0
74. Изобутирилметилэтилкетонъ	$C_8H_{14}O_2$	142	20	0.9402	1.4321	3.6240	514.60	1.524.74	—	—
								2.514.07	—0.53	0.10
75. Аллилацетилацетонъ	$C_8H_{12}O_2$	140	13.5	0.97671	1.46986	3.5016	490.22	1.516.98	—	—
								2.492.80	+2.58	0.50
76. Метилформилкамфора	$C_{12}H_{18}O_2$	194	23.1	1.0214	1.50513	3.4433	668.04	1.695.28	—5.66	0.85
			47.3	1.0015	1.49992	3.4051	660.76	2.662.38	+1.62	0.24
77. Этилформилкамфора	$C_{13}H_{20}O_2$	208	17.9	1.0036	1.50465	3.3851	704.13	1.731.92	—	—
								2.699.04	—5.11	0.75
78. Паральдегидъ	$C_6H_{12}O_3$	132	20	0.9943	1.40486	4.0609	536.03	1. —	—	—
								2.536.03	—	—
79. Діацетилацетонъ	$C_7H_{10}O_3$	142	6.4	1.04248	1.478704	3.6778	522.24	1.590.72	—	—
								2.524.46	2.22	0.42

65) Валлахъ, Lieb. Ann. 272, 103. 66) Назини и Ан-дерлини, J. pr. ch. 16, 740 пр. I, Брюль, J. pr. ch. 50, 140, пр. II. 67) Перкинъ, J. ch. Soc. 65, 827. 68) Брюль, ст. 66, . 69) пр. I Перкинъ, l. c. пр. II Брюль, см. 66. 70) Брюль, L. T. 71) пр. I и II, Перкинъ, J. ch. Soc. 65, 847; пр. III, Эйкманъ, Ber. Ber. 25, 3072. 72) Брюль, J. pr. Ch. 50, 140, пр. I; Кноррь, Ber. Ber. 1900, 33, 1219 пр. II. 73) Ландольтъ, L. T. 74) Тиманъ и Земмлеръ, Ber. Ber. 30, 433. 75) Перкинъ, l. c. 76)—77) Брюль, l. c. 78) Брюль, L. T. 79) Перкинъ, l. c.

Приложение V.

Кислоты.

	<i>P</i>	<i>M</i>	<i>t</i>	<i>d</i>	<i>n</i>	<i>D</i>	<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
1. Муравейная	$C_2H_2O_2$	46	20	1.2188	1.37137	5.3556	246.35	1.230.37	—	—
								2.247.43	+1.08	0.43
2. Уксусная	$C_2H_4O_2$	60	20	1.0507	1.37218	4.6114	276.68	1.272.01	—	—
								2.277.74	+1.06	0.38
3. Пропіоновая I	$C_3H_6O_2$	74	14	0.9985	1.38936	4.2183	312.15	1.313.64	+1.49	0.47
			78.8	0.9292	1.36205	4.0802	301.93	2.303.00	+1.07	0.35
» II	—	—	20	0.9946	1.38659	4.2512	312.88	1. —	+0.76	0.24
4. Акриловая	$C_3H_4O_2$	72	16	1.0621	1.42394	4.1640	299.80	1.305.91	—	—
								2.299.14	—0.66	0.22
5. Нор. масляная I	$C_4H_8O_2$	88	19.1	0.9599	1.40015	3.9582	348.32	1.355.28	+1.64	0.47
								2.344.64	—	—
	—	88	80.9	0.8983	1.37396	3.9339	346.18	3.349.96	—1.54	0.44
» II	—	—	20	0.9587	1.39789	3.9739	349.70	3. —	+0.26	0.07
6. Изомасляная I	—	—	19.8	0.9487	1.39363	3.9693	349.30	3. —	+0.66	0.18
			80.1	0.8858	1.36720	3.9429	346.97	2. —	—2.33	0.67
» II	—	—	20	0.9490	1.39300	3.9763	349.91	3. —	+0.05	0.01
7. Триметиленкарбоновая . . .	$C_4H_6O_2$	86	17.1	1.0907	1.43754	4.1587	357.64	1.362.04	—	—
								2.356.72	—0.90	0.25
8. Метакриловая	—	—	20	1.0153	1.43143	3.9180	336.94	1.347.54	—	—
								2.344.00	—2.94	0.88
9. Кротоновая	—	—	72	0.9730	1.42924	3.7724	324.42	2.323.36	—1.06	0.32
10. Изовалериановая	$C_5H_{10}O_2$	102	20	0.9298	1.40433	3.7990	387.49	1.396.91	—	—
								2.386.27	—1.22	0.31
11. Тетраметиленкарбоновая . .	$C_5H_8O_2$	100	16.6	1.0570	1.44393	3.9797	397.97	1.403.68	—	—
								2.398.36	+0.39	0.10
12. Аллилуксусная	—	—	7.5	0.9903	1.43410	3.8019	380.19	1.389.18	—	—
								2.378.54	—1.65	0.43
13. Ангеликовая	—	—	76	0.9539	1.43099	3.6852	368.52	2.368.38	—0.14	0.04
14. Тиглиновая	—	—	76	0.9641	1.43657	3.6830	368.30	2.368.38	+0.08	0.00
15. Капроновая	$C_6H_{12}O_2$	116	20	0.9237	1.41382	3.6980	428.96	1.438.54	—	—
								2.427.90	—1.06	0.24
16. β. γ. гидросорбиновая . . .	$C_6H_{10}O_2$	114	23	0.9640	1.43923	3.6635	417.64	1.430.81	—	—
								2.417.27	—0.37	0.08

1) Ландольтъ, L. T. 2) Даміенъ, L. T. 3) преп. I: 1. с. пр. II Брюль, L. T. 7) Брюль, Ber. Ber. 1899, 1224. Эйкманъ, Res. des trav. chim. du P. B., XII, 161, 268; 8) Брюль, Lieb. Ann. 203, 1. 9) Эйкманъ, 1. с. 10) Ландольтъ, L. T. 11) Брюль, 1. с. 12) Гладстонъ, L. T. 13) — преп. II Ландольтъ, L. T. 4) Эйкманъ, 1. с. 5) преп. I Эйкманъ, 1. с., пр. II Брюль, L. T. 6) пр. I Эйкманъ 14) Эйкманъ, 1. с. 15) Ландольтъ, L. T. 16) Эйкманъ, 1. с.

	<i>P</i>	<i>M</i>	<i>t</i>	<i>d</i>	<i>n</i>	<i>D</i>	<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
17. α. β. гидросорбиновая	—	—	22.5	0.9720	1.45439	3.5867	408.88	2.406.63	—2.25	0.55
18. Энантиовая	$C_7 H_{14} O_2$	130	20	0.9160	1.42146	3.6086	469.11	1.480.17	—	—
								2.469.53	+0.42	0.09
19. Амилуксусная	—	—	20	0.9146	1.4240	3.5842	465.94	2.469.53	+3.59	0.78
20. Гептиловая	—	—	17.2	0.9186	1.42413	3.5889	466.55	2.469.53	+2.98	0.63
			79.1	0.8669	1.39971	3.5785	465.20	2.469.53	+4.33	0.92
21. Гептиленовая	$C_7 H_{12} O_2$	128	20	0.9430	1.44204	3.5636	465.14	1.472.44	—	—
								2.458.90	+2.76	0.60
22. Бензойная	$C_7 H_6 O_2$	122	131.9	1.0738	1.50423	3.6251	442.26	1.463.74	—	—
								2.442.94	+0.68	0.15
23. Фенилуксусная	$C_8 H_8 O_2$	136	79.8	1.0809	1.50687	3.6329	494.07	1.505.38	—	—
								2.494.74	+0.67	0.13
24. о. Толуиловая	—	—	114.6	1.0621	1.51212	3.5389	481.29	1.505.38	+3.24	0.67
25. т. Толуиловая	$C_8 H_8 O_2$	136	111.6	1.0543	1.50912	3.5302	480.10	2.484.53	+4.43	0.91
26. Нониловая	$C_9 H_{18} O_2$	158	14.5	0.9100	1.43522	3.4858	550.70	1.563.44	+2.10	0.38
			83.5	0.8559	1.40820	3.4681	547.96	2.552.80	+4.84	0.87
27. Фенилпропионовая	$C_9 H_{10} O_2$	150	78.8	1.0523	1.50166	3.5678	535.17	1.547.01	—	—
								1.536.37	+1.20	0.22
28. Дециловая	$C_{10} H_{20} O_2$	172	20	0.905	1.4373	3.4523	593.80	1.605.08	—	—
								2.594.44	+0.64	0.10
29. Дециленовая	$C_{10} H_{18} O_2$	170	20	0.918	1.45109	3.4088	579.49	1.597.39	—	—
								2.583.80	+4.31	0.73
30. Цитронелловая	—	—	20	0.9308	1.4545	3.4335	583.69	2.583.80	+0.11	0.02
31. Камфоленовая I	$C_{10} H_{16} O_2$	168	20	0.9918	1.4690	3.5712	600.96	1.604.11	+3.15	0.49
								2.593.47	—	—
» II	—	—	19	0.9920	1.47125	3.5474	595.96	2. —	—2.49	0.42
32. Фенхоленовая	—	168	16	1.0045	1.4768	3.5562	597.44	2. —	—3.97	0.67
33. Пулегеновая I	—	—	19	1.0070	1.48071	3.5403	594.76	2. —	—1.29	0.21
» II	—	—	21	0.9955	1.47547	3.5219	591.67	2. —	+1.80	0.30
34. Гераниевая	—	—	19	0.9640	1.48362	3.3717	566.44	1.589.61	—	—
								2.565.43	—1.01	0.10
35. Индециленовая	$C_{11} H_{20} O_2$	184	24	0.9072	1.44898	3.3824	622.36	1.638.98	—	—
			79.9	0.8653	1.42771	3.3653	619.21	2.614.81	—	—
36. Фенилвалериановая	$C_{11} H_{14} O_2$	178	78.3	1.0062	1.49212	3.4674	617.19	1.630.27	+2.15	0.30
			83.8	1.0015	1.49027	3.4624	616.30	2.619.64	+3.34	0.54
37. Диамилуксусная	$C_{12} H_{21} O_2$	200	20	0.8894	1.4379	3.3887	667.74	1.688.34	—	—
								1.677.70	—0.04	0.00

17) Эйкманъ, I. с. 18) Ландольтъ, L. T. 19) Вальденъ, Шмидтъ, Ber. Ber. 29, 905. 31) I Вальлахъ, Lieb. Ann. Zeit. phys. Ch. 15, 638. 20) Эйкманъ, I. с. 21) Вальлахъ, 269, 335. 32) Вальлахъ, I. с. 33) Вальлахъ, Lieb. Ann. 289, Lieb. Ann. 309, 1—32. 22)—27) Эйкманъ, I. с. 28)—29) 350; 300, 261. 34) Тиманъ, Ber. Ber. 31, 805. 35)—36) Вальлахъ, Lieb. Ann. 296, 120 и 127. 30) Тиманъ и Эйкманъ, I. с. 37) Вальдесъ, I. с.

	<i>P</i>	<i>M</i>	<i>t</i>	<i>d</i>	<i>n</i>	<i>D</i>	<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
38. Лауриновая	—	—	78.5	0.8495	1.41960	3.3597	671.94	2.677.70	+5.76	0.85
39. Пальмитиновая	$C_{16}H_{32}O_2$	256	75.8	0.8465	1.42939	3.2793	839.50	1.854.88	—	—
								2.844.24	+4.74	0.56
40. Стеариновая	$C_{18}H_{36}O_2$	284	79.6	0.8428	1.43139	3.2533	923.93	1.938.15	+3.58	0.38
			105.8	0.8250	1.42151	3.2397	920.07	2.927.51	+7.44	0.80
41. Олеиновая	$C_{18}H_{34}O_2$	282	11.8	0.8998	1.46476	3.2563	918.27	1.930.40	—1.41	0.15
			78.4	0.8540	1.44001	3.2404	913.79	2.916.86	+3.07	0.33
42. Элаидиновая	—	—	79.4	0.8505	1.43828	3.2381	913.14	2. —	+3.72	0.40
43. Эруковая	$C_{22}H_{42}O_2$	338	55.4	0.8602	1.44963	3.2031	1082.64	1.1096.94	+0.84	0.08
44. Брассидиновая	—	—	57.1	0.8585	1.44861	3.2030	1082.61	2.1083.40	+0.81	0.08
45. Церотиновая	$C_{28}H_{54}O_2$	410	79.0	0.8359	1.43859	3.1805	1303.00	1.1312.84	—	—
								2.1302.20	—0.80	0.06
46. Пировиноградная	$C_3 H_4 O_3$	88	15.3	1.2668	1.43025	4.9019	431.37	1.421.29	—	—
								2.430.56	—0.81	0.18
47. Молочная	$C_3 H_6 O_3$	90	20	1.2403	1.44145	4.6925	422.33	1.418.38	—	—
								2.420.83	—1.80	0.43
48. Левулиновая I	$C_5 H_8 O_3$	116	17.0	1.1425	1.44289	4.3103	500.00	1.504.57	—0.76	0.15
			14.8	1.1431	1.4444	4.2996	498.75	2.499.24	+0.49	0.10
» II	—	—	82.4	1.0877	1.42140	4.2856	497.13	2. —	+2.11	0.42
49. Этилацетилтриметиленовая .	$C_8 H_{12} O_3$	156	25.2	1.0425	1.44410	3.9238	612.11	1.636.22	—	—
								2.614.94	+2.83	0.46
50. Диметил 2, 6 гектаноновая 5 кислота 1	$C_9 H_{16} O_3$	172	20	1.0214	1.4488	3.8095	655.73	1.665.29	—	—
								2.654.65	—1.08	0.16
51. Этилацетилтетраметиленовая	$C_9 H_{14} O_3$	170	24.5	1.0605	1.4772	3.7519	637.82	1.677.85	—	—
								2.639.64	—1.82	0.28
52. Оксигидрогераниевая	$C_{10}H_{18}O_3$	186	16	1.0200	1.46998	3.6559	679.99	1.702.08	—	—
								2.677.90	—2.09	0.30
53. Глютаровая	$C_5 H_8 O_4$	132	106.4	1.1910	1.43011	4.6094	608.44	1.609.31	+0.87	0.14
54. Азелаиновая	$C_9 H_{16} O_4$	188	107.3	1.0287	1.43025	3.9801	748.25	1.775.83	—	—
								2.754.55	+6.30	0.83
55. Себациновая	$C_{10}H_{18} O_4$	202	133.3	0.9867	1.42181	3.9133	790.48	1.817.46	—	—
								2.796.18	+5.70	0.72

38)–45) Эйкманъ, I. с. 46) Брюль, Journ. рг. Ch. 50, 140. 47) Ландольтъ, L. T. 48) пр. I Эйкманъ, I. с. пр. II Брюль, I. с. 49) Гладстонъ, L. T. 50) Тиманъ и Землеръ, Ver. Ber. 31, 2892. 51) Гладстонъ, L. T. 52) Тиманъ, см. 32. 53)–55) Эйкманъ, I. с.

Приложение VI.

Эфиры кислотъ.

	<i>P</i>	<i>M</i>	<i>t</i>	<i>d</i>	<i>n</i>	<i>D</i>	<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
1. Муравьиный метиль	$C_2 H_4 O_2$	60	20	0.9694	1.3438	4.5784	274.70	1.268.15	—	—
								2.276.46	+1.76	0.63
2. Муравьиный этиль	$C_3 H_6 O_2$	74	20	0.9064	1.35985	4.1086	304.03	1.309.78	—	—
								2.304.46	+0.43	0.14
3. Уксусный метиль	—	—	20	0.9039	1.36099	4.0855	302.32	1. —	—	—
								2. —	+2.11	0.69
4. Муравьиный пропиль . . .	$C_4 H_8 O_2$	88	20	0.8962	1.3775	3.8912	342.42	1.351.42	—	—
								2.340.78	—1.65	0.48
5. Уксусный этиль	—	—	20	0.9007	1.37257	3.9575	348.26	1.351.12	—	—
								2.346.09	+2.17	0.62
6. Пропіоновый метиль	—	—	20	0.9246	1.3776	4.0152	353.33	1.351.42	+1.91	0.52
7. Акриловый метиль	$C_4 H_6 O_2$	86	20	0.960	1.3984	3.9941	343.62	1.343.68	+0.06	0.01
8. » жидкій полимеръ	$(C_4 H_6 O_2)_3$	258	20	1.123	1.4600	4.1001	1057.82	1.1064.78	+6.96	0.65
9. » твердый полимеръ	$(C_4 H_6 O_2)_3$	—	20	1.122	1.4725	4.0031	1032.80	1.1027.04	+5.76	0.56
10. Уксусный пропиль	$C_5 H_{10} O_2$	102	20	0.8856	1.38438	3.7850	386.07	1.393.05	—	—
								2.387.73	+1.66	0.42
11. Пропіоновый этиль	—	—	20	0.8904	1.3842	3.8065	388.26	2.387.73	—0.53	0.13
12. Изомасляный метиль . . .	—	—	20	0.8893	1.3840	3.8035	387.95	2. —	—0.22	0.05
13. Масляный метиль	—	—	20	0.8962	1.38891	3.7900	386.56	2. —	—1.17	0.30
14. Уксусный аллилъ	$C_5 H_8 O_2$	100	20	0.9276	1.40448	3.7888	378.88	1.385.32	—	—
								2.380.00	+1.12	0.29
15. Уксусный пропаргиль . . .	$C_5 H_6 O_2$	98	20	1.0052	1.42047	3.9681	388.87	1.385.31	—	—
								2.387.20	—1.67	0.43
16. Муравьиный амилъ	$C_6 H_{12} O_2$	116	20	0.8802	1.39799	3.6472	423.37	1.434.68	—	—
								2.424.04	+0.67	0.15
17. Пропіоновый пропиль . . .	—	—	20	0.8828	1.3935	3.6948	428.59	2.429.36	+0.77	0.18
18. Нор. масляный этиль . . .	—	—	20	0.8892	1.39599	3.6857	427.34	2. —	+2.02	0.47
19. Изомасляный этиль	—	—	20	0.8697	1.3880	3.7007	429.27	2. —	+0.09	0.0
20. Валеріановый метиль . . .	—	—	20	0.8795	1.39479	3.6702	425.74	2.424.04	—1.70	0.40
21. Кротоновый этиль	$C_6 H_{10} O_2$	114	20	0.9188	1.42449	3.5970	410.05	1.426.95	—	—
								2.410.50	+0.45	0.11
22. Уксусный амилъ	$C_7 H_{14} O_2$	130	20	0.8734	1.4020	3.5868	466.28	1.476.31	—	—
								2.465.67	0.61	0.13
23. Пропіоновый изобутилъ . .	—	—	20	0.8694	1.3975	3.6061	468.79	2.470.94	+2.15	0.45

1) Лонгъ, Л. Т. 2)—3) Ландольтъ, Л. Т. 4) Лонгъ, Л. Т. 5) Ландольтъ, Л. Т. 6) Лонгъ, Л. Т. 7)—9) Кальбауль, Л. Т. 10) Брюль, Л. Т. 11)—12) Лонгъ, Л. Т. 13) Ландольтъ, Л. Т. 14) Брюль, Л. Т. 15) Брюль, Lieb. Ann. 203, 1. 16) Ландольтъ, Л. Т. 17) Лонгъ, Л. Т. 18) Ландольтъ, Л. Т. 19) Лонгъ, id. 20) Ландольтъ, id. 21) Брюль, id. 22) Ландольтъ, id. 23) Лонгъ, id.

	<i>P</i>	<i>M</i>	<i>t</i>	<i>d</i>	<i>n</i>	<i>D</i>	<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
24. Изомасляный пропиль . . .	—	—	20	0.8738	1.3959	3.6374	472.82	2.470.94	—1.88	0.40
25. Валеріановый этиль	—	—	20	0.8661	1.39704	3.5961	467.49	2.465.67	—1.82	0.39
26. Пропіоновый амилъ	$C_8 H_{16} O_2$	144	20	0.8703	1.4065	3.5389	509.60	1.517.95	—	—
								2.507.31	—2.29	0.44
27. Масляный изобутиль	—	—	20	0.8627	1.4045	3.5236	507.39	2. —	—0.08	0
28. Изомасляный изобутиль . .	—	—	20	0.8575	1.3999	3.5379	509.45	2. —	—2.14	0.40
29. Валеріановый пропиль . . .	—	—	20	0.8634	1.4036	3.5334	508.80	2. —	—1.49	0.29
30. Бензойный метиль	$C_8 H_8 O_2$	136	—	1.0862	1.51692	3.5907	487.83	1.501.52	—	—
								2.485.07	—2.76	0.57
31. Масляный амилъ I	$C_9 H_{18} O_2$	158	20	0.8646	1.4110	3.4820	350.15	1.559.58	—	—
								2.548.94	—1.21	0.22
» » II	—	—	20	0.8685	1.4150	3.4699	548.24	2. —	+0.70	0.12
» » III	—	—	20	0.8690	1.4140	3.4776	549.46	2. —	—0.52	0.09
32. Изомасляный амилъ I	$C_9 H_{18} O_2$	158	20	0.8580	1.4076	3.4809	549.98	2. —	—1.04	0.19
» » II	—	—	20	0.8662	1.4100	3.4961	552.38	2. —	—3.44	0.62
» » III	—	—	20	0.8619	1.4100	3.4787	549.63	2. —	—0.69	0.12
33. Валеріановый изобутиль . .	—	—	20	0.8588	1.4063	3.4914	551.64	2. —	—2.70	0.49
34. Амилуксусный этиль	—	—	20	0.8765	1.4151	3.4994	552.90	2. —	—3.94	0.71
35. Кротоновый амилъ	$C_9 H_{16} O_2$	156	20	0.8958	1.4371	3.4185	533.28	1.551.85	—	—
								2.535.41	+2.13	0.40
36. Метакриловый амилъ	—	—	20	0.8781	1.4241	3.4404	536.70	2. —	—1.29	0.24
37. Бензойный этиль	$C_9 H_{10} O_2$	150	20	1.0473	1.50602	3.5248	528.72	1.543.15	—	—
								2.526.70	—2.02	0.38
38. Уксусный бензилъ	—	—	21	1.0400	1.5242	3.3978	509.67	1.543.15	—	—
								2.510.25	+0.58	0.01
39. Уксусный крезиль	—	—	23	1.0499	1.4991	3.5751	536.26	1.543.15	—	—
								2.532.51	—3.75	0.70
40. Валеріановый амилъ	$C_{10} H_{20} O_2$	172	—	0.8568	1.4194	3.4442	592.40	1.601.22	—	—
								2.590.58	—1.82	0.30
41. Уксусный эфиръ	$C_{10} H_{18} O_2$	170	21	0.9226	1.4370	3.5215	598.65	1.607.98	—	—
гексагидро 1, 3, 5 ксеменола								2.597.34	—1.31	0.22
42. Фенилуксусный этиль I . .	$C_{10} H_{12} O_2$	164	—	1.0507	1.5108	3.5082	575.34	1.584.78	—	—
								2.574.14	—1.20	0.21
» » II	—	—	18.5	1.0348	1.49921	3.5236	577.87	2. —	—3.73	0.62
43. Корячный метиль	$C_{10} H_{10} O_2$	162	21.4	1.0881	1.57661	3.2851	532.19	1.577.05	—	—
								2.531.57	—0.62	0.11

24) Лонгъ, id. 25) Ландольтъ, id. 26)—29) Лонгъ, L. T. 30) Ландольтъ, l. c. 31) пр. I Лонгъ, L. T. пр. II, Вальденъ, Zeit. ph. Ch. 15, 638, пр. III Вальденъ, Zeit. ph. Ch. 20, 573. 32) пр. I Лонгъ, L. T. пр. II Вальденъ, Zeit. ph. Ch. 15, 638, пр. III, Вальденъ, Zeit. ph. Ch. 20, 573. 33) Лонгъ, L. T. 34) Вальденъ, Zeit. ph. Ch. 15, 638.

Зап. Физ.-Мат. Отд.

35)—36) Вальденъ, Zeit. ph. Ch. 20, 573. 37) Ландольтъ, L. T. 38) Гладстонъ, id. 39) Гладстонъ, L. T. 40) Ландольтъ, id. 41) Кновенагель, Lieb. Ann. 297, 117 и сл. 42) пр. I, пр. II Брюль, J. pr. Ch. 50, 140. 43) Брюль, Zeit. ph. Ch. 21, 391.

	P	M	t	d	n	D	MD	(MD)	Diff.	въ %
44. Аллилокоричный метиль . .	$C_{10}H_{10}O_2$	162	22.9	1.0761	1.55616	3.3469	542.19	1. —	—	—
								2.544.15	+1.96	0.36
45. Изомасляный бензилъ . . .	$C_{11}H_{14}O_2$	178	23	1.0058	1.4910	3.4728	618.15	1.626.41	—	—
								2.615.77	-2.38	0.38
46. Гидрокоричный этиль . . .	—	—	—	1.0147	1.49542	3.4751	618.56	2. —	-2.79	0.45
47. Коричный этиль	$C_{11}H_{12}O_2$	176	20	1.049	1.55982	3.2449	571.10	1.618.68	—	—
								2.573.20	+2.10	0.37
48. Аллокоричный этиль . . .	—	—	22.05	1.0465	1.54416	3.3174	583.86	2.585.78	+1.92	0.33
49. Аллилуксусный амилъ . . .	$C_{12}H_{24}O_2$	200	20	0.8631	1.4245	3.3689	673.78	1.684.48	—	—
								2.673.84	+0.06	0
50. Уксусный эфиръ цитронел- лола	$C_{12}H_{22}O_2$	198	17.5	0.8928	1.4456	3.3510	663.49	1.676.75	—	—
								2.661.11	+2.62	0.39
51. Уксусный эфиръ дигидрозей- карвола	$C_{12}H_{20}O_2$	196	20	0.951	1.46315	3.4568	676.55	1.673.52	-3.03	0.45
52. α -нафтоиноэтильный . . .	$C_{13}H_{12}O_2$	200	57.5	1.09194	1.57643	3.2976	659.52	1.681.64	—	—
								2.655.50	-4.02	0.61
53. β -нафтоиноэтильный . . .	—	—	57.0	1.08582	1.58069	3.2595	651.90	2.648.74	-3.16	0.48
54. Диамилуксусный этиль . . .	$C_{14}H_{28}O_2$	228	20.0	0.8701	1.4309	3.3620	766.53	1.767.75	+1.18	0.15
55. Лауриновый этиль	—	—	12.0	0.8679	1.43495	3.3263	758.39	2.757.11	-1.28	0.17
56. Гидрокоричноамильный . .	$C_{14}H_{20}O_2$	220	20	0.9721	1.4868	3.3810	743.82	1.751.32	—	—
								2.740.78	-3.04	0.41
57. Коричноамильный	$C_{14}H_{18}O_2$	218	20	0.9992	1.5385	3.1920	695.85	1.743.58	—	—
								2.698.10	+2.25	0.32
58. Фенилпропиолоамильный . .	$C_{14}H_{16}O_2$	216	20	1.0035	1.5329	3.2337	698.48	1.743.58	—	—
								2.702.95	+4.47	0.63
59. Уксусный эфиръ метилфе- нилциклогексанона.	$C_{15}H_{18}O_2$	230	20	1.0254	1.5155	3.3976	781.44	1.797.78	—	—
								2.787.14	+5.70	0.72
60. α -нафтоиноамильный . . .	$C_{16}H_{18}O_2$	242	20	1.0605	1.5670	3.2464	785.62	1.806.54	—	—
								2.780.40	-5.22	0.67
61. β -нафтоиноамильный . . .	—	—	20	1.0531	1.5682	3.2180	778.75	2.773.64	-5.11	0.66
62. Диамилуксусный амилъ . . .	$C_{17}H_{34}O_2$	270	20	0.8594	1.4342	3.2987	890.64	1.892.64	+2.00	0.22
63. Угольноэтильный	$C_5H_{10}O_3$	118	20	0.9762	0.38523	4.1634	491.28	1.490.65	-1.23	0.25
64. Ацетуксусный метиль . . .	$C_5H_8O_3$	116	18.2	1.0783	1.41964	4.0057	494.67	1.500.70	—	—
								2.495.36	+0.69	0.14
65. Ацетуксусный этиль	$C_6H_{10}O_3$	130	20	1.0256	1.41976	4.0548	527.12	1.542.33	—	—
								2.526.37	-0.75	0.14

- 44) Брюль, Zeit. ph. Ch. 21, 391. 45) Гладстонъ, L. T. 1229 ff. 54) Вальденъ, Z. ph. Ch. 15, 638. 55) Эйкманъ, Rec. 12, 168. 56) — 57) — 58) Вальденъ, Z. ph. Ch. 20, 573. 46) Брюль, Lieb. Ann. 203, 1. 47) — 48) Брюль, см. 43. 59) Кювенагель, Lieb. Ann. 350, 260. 60) — 61) Вальденъ, см. 56. 62) Вальденъ, Z. ph. Ch. 15, 638. 63) Брюль, L. T. 49) Вальденъ, Zeit. ph. Ch. 15, 638. 50) Тиманъ и Шмидтъ, Ber. Ber. 29, 905. 51) Клогесъ и Крайтъ, Ber. Ber. 1899, 2550—70. 52) — 53) Перкинъ, J. ch. Soc. 69, 64) Брюль, J. pr. Ch. 56, 140. 65) Брюль, L. T.

	<i>P</i>	<i>M</i>	<i>t</i>	<i>d</i>	<i>n</i>	<i>D</i>	<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
66. Пирослизевый метиль . . .	$C_6 H_6 O_3$	126	21.4	1.17858	1.48706	4.0974	516.28	1.514.28	—2.00	0.38
67. Метилацетуксусный этиль .	$C_7 H_{12} O_3$	144	15.3	1.0238	1.42178	4.0306	580.41	1.583.96	—	—
								2.578.65	—1.76	0.30
68. Диметилацетуксусный I . .	—	—	14.6	1.0045	1.42370	3.9382	567.15	2.568.00	+0.85	0.15
» метиль II . .	—	—	18.5	1.0039	1.42150	3.9545	569.45	2.573.34	—3.89	0.67
69. Пирослизевый этиль . . .	$C_7 H_8 O_3$	140	20.8	1.11738	1.47966	3.9357	551.00	1.555.92	—	—
								2.548.18	—2.82	0.51
70. Этилацетуксусный этиль . .	$C_8 H_{14} O_3$	158	18.7	0.9869	1.42256	3.8785	612.87	1.625.59	—	—
								2.614.95	+2.08	0.33
71. β-этоксикротоновый этиль .	$C_8 H_{14} O_3$	158	32.4	0.97245	1.44709	3.6390	574.96	1.607.21	—	—
								2.574.31	—0.65	0.11
72. Этилиденацетуксусный этиль	$C_8 H_{12} O_3$	156	17.4	1.0260	1.45259	3.8000	592.70	1.619.79	—	—
								2.591.73	—0.97	0.16
73. Пирослизевый пропиль . . .	$C_8 H_{10} O_3$	154	25.9	1.07454	1.4737	3.8254	589.11	1.597.55	—	—
								2.589.81	—0.70	0.12
74. Пирослизевый изопропиль .	$C_8 H_{10} O_3$	—	23.7	1.06548	1.46815	3.7517	577.76	1. —	—	—
								2.582.07	+4.31	0.74
75. Алилацетуксусный этиль I	$C_9 H_{14} O_3$	170	13.5	0.9938	1.4410	3.7633	639.76	1.659.19	—	—
								2.637.91	—1.85	0.29
» II	—	—	17.6	0.9922	1.43875	3.7736	641.51	2. —	—3.60	0.56
76. Ацетилтетраметиленовый этиль	$C_9 H_{14} O_3$	170	13	1.0668	1.4818	3.7433	636.36	1.673.69	—	—
								2.636.93	+0.57	0.09
77. Пирослизевый изобутиль . .	$C_9 H_{12} O_3$	168	27.5	1.03826	1.46755	3.7380	627.92	1.639.18	—	—
								2.631.44	+3.32	0.55
78. Пиротриторовый этиль . . .	—	—	23.1	1.0478	1.46862	3.7650	632.53	1. —	—	—
								2.631.44	—1.09	0.17
79. Диэтилацетуксусный этиль .	$C_{10} H_{18} O_3$	186	17.0	0.9712	1.43257	3.7408	695.58	1.708.86	—	—
								2.698.22	+2.64	0.38
80. Метилеалициловый этиль .	$C_{10} H_{12} O_3$	180	16.2	1.1154	1.5265	3.6309	653.56	1.681.78	—	—
								2.648.98	—4.78	0.70
81. Анисовый этиль	—	—	9.0	1.1154	1.5316	3.5653	641.75	1. —	—	—
								2.636.30	+5.45	0.84
82. Бензонмуравейный этиль . .	$C_{10} H_{10} O_3$	178	25.1	1.1222	1.51904	3.7530	658.04	1.692.43	—	—
								2.659.53	+1.49	0.22
83. Амилацетуксусный этиль . .	$C_{11} H_{20} O_3$	200	20.0	0.9455	1.4322	3.6439	728.78	1.750.50	—	—
								2.729.22	+0.44	0.06

66) Геннари, Z. ph. Ch. 17, 555. 67)—68) Брюль, J. pr. L. T. пр. II Брюль, I. с. 76) Гладстонъ, L. T. 77) Геннари, I. с. 78)—79) Брюль, J. pr. Ch. 50, 140. 80)—81) Гладстонъ, J. ch. S. 69, 1231. 82) Брюль, J. pr. Ch. 50, 140. 83) Вальденъ, Z. ph. Ch. 15, 638.

	<i>P</i>	<i>M</i>	<i>t</i>	<i>d</i>	<i>n</i>	<i>D</i>	<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
84. α-Формилфенилуксусный этилъ.	$C_{11}H_{12}O_3$	192	—	—	—	3.5894	689.06	1.734.06	—	—
								2.688.58	—0.48	0.07
85. Оксигидрогераниевый этилъ	$C_{12}H_{22}O_3$	214	17.5	0.9621	1.45759	3.5287	755.14	1.781.49	—	—
								2.753.43	1.71	0.22
86. Диаллиацетуксусный этилъ	$C_{12}H_{18}O_3$	210	17.4	0.9823	1.45716	3.6062	757.30	1.776.66	—	—
								2.754.40	+2.90	0.38
87. Этилкамфоркарбоновый этилъ	$C_{15}H_{24}O_3$	252	18.8	1.0440	1.47918	3.8785	927.49	1.930.56	+3.07	0.33
88. Диамиацетуксусный этилъ .	$C_{16}H_{30}O_3$	270	20.0	0.9120	1.4417	3.4489	931.20	1.958.67	—	—
								2.930.65	+0.55	0.06
89. Щавелевый метилъ	$C_4H_6O_4$	118	82.1	1.1199	1.37929	4.8427	571.43	1.555.06	—	—
								2.569.00	—2.43	0.42
90. Малоновый метилъ I	$C_5H_8O_4$	132	17.3	1.1571	1.41490	4.6363	609.98	1.597.70	+2.28	0.37
» » II	—	—	15.1	1.1586	1.41577	4.6266	610.71	2.612.26	+1.55	0.25
			82.3	1.0807	1.38724	4.5877	605.57	608.70	+3.13	0.51
91. Янтарный метилъ	$C_6H_{10}O_4$	146	18.3	1.1202	1.41976	4.4287	646.59	1.639.33	—	—
								2.650.33	+3.74	0.57
92. Щавелевый этилъ	—	—	20	1.0793	1.41043	4.3521	635.40	1.639.33	+3.93	0.61
93. Малениометильный	$C_6H_8O_4$	144	20	1.15172	1.4415	4.3570	627.40	1.631.60	+4.20	0.66
94. Малоновый этилъ I	$C_7H_{12}O_4$	160	16.6	1.0587	1.41589	4.2189	675.10	1.680.96	+0.54	0.08
» » II	—	—	16.8	1.0581	1.41547	4.2210	675.08	2.675.64	+0.56	0.08
			80.0	0.9900	1.38769	4.1983	671.73	2.670.32	—1.39	0.20
95. Ацетонщавелевый этилъ .	$C_7H_{10}O_4$	158	17.6	1.1275	1.47498	4.0048	632.76	1.691.61	—	—
								2.635.47	+2.71	0.42
96. Ацетилпирувинный этилъ .	—	—	17.4	1.12879	1.475699	4.0041	632.44	2. —	+3.03	0.47
97. Мезаконометильный	—	—	20	1.12097	1.45568	4.1261	651.92	1.673.23	—	—
								2.646.14	+5.78	0.89
98. Цитроконометильный	—	—	20	1.11043	1.44759	4.1492	655.57	1. —	—	—
								2.656.78	+1.11	0.17
99. Итаконометильный	—	—	20	1.12182	1.44412	4.2222	688.10	1. —	—	—
								2.667.91	—0.19	0.03
100. Янтарный этилъ	$C_8H_{14}O_4$	174	14.6	1.0490	1.42249	4.1237	717.52	1.722.59	—0.25	0.03
								2.717.97	—	—
101. Диацетоуксусный этилъ . .	$C_8H_{12}O_4$	172	17.6	1.09313	1.466017	3.9467	678.83	1.733.24	—	—
								2.677.12	—1.71	0.25
102. Маленоэтильный	—	—	20	1.06917	1.44070	4.0512	696.80	1.714.86	—	—
								2.698.41	+1.61	0.23

84) Брюль, I. с. 85) — 86) Тиманъ, В. В. 31, 805. 87) Кнопсъ, L. T. 94) пр. I Брюль, I. с. пр. II. Эйкманъ, I. с. Брюль, J. рг. Ch. 56, 140. 88) Вальденъ, J. рг. Ch. 15, 95) Брюль, I. с. 96) Перкинъ, J. рг. Ch. 61, 847. 97) — 99) 638. 89) Эйкманъ, I. с. 90) пр. I Брюль, I. с., пр. II, Кнопсъ, L. T. 100) Эйкманъ, I. с. 101) Перкинъ, I. с. 102) Эйкманъ, I. с. 91) Брюль, I. с. 92) Брюль, L. T. 93) Кнопсъ, L. T.

	<i>P</i>	<i>M</i>	<i>t</i>	<i>d</i>	<i>n</i>	<i>D</i>	<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
103. Фумарозетильный	$C_8H_{12}O_4$	172	20	1.05199	1.44103	3.9834	685.14	1. —	—	—
								2.687.77	+2.63	0.38
104. Мезаконозетильный	$C_9H_{14}O_4$	186	20	1.04674	1.44931	3.9001	725.41	1.756.49	—	—
								2.729.38	+3.97	0.54
105. Цитраконозетильный.	—	—	20	1.06241	1.44693	3.9848	741.17	1. —	—	—
								2.740.02	—1.05	0.15
106. Итаконозетильный.	—	—	20	1.04613	1.43884	3.9764	739.61	1. —	—	—
								2.740.02	+1.41	0.19
107. Аллилмалоновый этиль . . .	$C_{10}H_{16}O_4$	200	14	1.01475	1.4338	3.8981	779.62	1.798.13	—	—
								2.777.81	—1.87	0.23
108. Фумаропротильный	—	—	20	1.02203	1.44347	3.8515	770.30	1.798.13	—	—
								2.771.04	+0.74	0.09
109. Малениопротильный.	—	—	20	1.02899	1.44372	3.8759	775.18	1. —	—	—
								2.781.68	+6.50	0.83
110. Тетраметиленикарбоновый этиль	—	—	14	1.04840	1.4369	4.0024	800.48	1.812.64	—	—
								2.802.00	+1.52	0.18
111. Щавелево-амильный	$C_{12}H_{22}O_4$	230	20.0	0.9626	1.4275	3.7456	861.46	1.889.13	—	—
								2.868.16	+6.70	0.77
112. Амилмалоновый этиль. . . .	$C_{12}H_{22}O_4$	230	20	0.9685	1.4280	3.7566	864.01	2.868.16	+4.15	0.48
113. Себаценовый метиль	—	—	78	0.9432	1.41569	3.7610	865.03	2.867.85	+2.82	0.32
114. Камфарномонозетильный . .	$C_{12}H_{20}O_4$	228	20	1.10235	1.47372	3.9243	894.74	1.903.64	—	—
								2.893.00	—1.74	0.19
115. Бензоилформилуксусный этиль.	$C_{12}H_{12}O_4$	220	24.9	1.1400	1.53134	3.6834	810.35	1. —	—	—
								2.808.84	2.49	0.30
116. Янтарноамильный	$C_{14}H_{26}O_4$	258	20	0.9592	1.4340	3.6832	950.26	1.972.37	—	—
								2.951.09	+0.83	0.09
117. Себаценовый этиль.	—	—	18.3	0.9634	1.43790	3.6706	947.01	2.951.09	+4.08	0.43
118. Фумароамильный	$C_{14}H_{24}O_4$	256	20	0.9696	1.4495	3.6113	924.49	1.964.66	—	—
								2.921.12	—3.27	0.35
119. Малениоамильный	—	—	20	0.9747	1.4472	3.6468	933.58	1. —	—	—
								2.931.76	—1.86	0.19
120. Камфарнодвуэтильный . . .	$C_{14}H_{24}O_4$	—	20	1.0244	1.45354	3.7860	969.21	1.979.16	—	—
								2.968.52	—0.69	0.07
121. Метиянтарноамильный . . .	$C_{15}H_{28}O_4$	272	20	0.9529	1.4352	3.6502	992.85	1.1014.03	—	—
								2.992.75	—0.10	0.01
122. Мезаконоамильный	$C_{15}H_{26}O_4$	270	20	0.9698	1.4548	3.5757	965.44	1.1006.30	—	—
								2.962.76	—2.68	0.27

103)–106) Кнопс, L. T. 107) Гладстон, L. T. 108)–
 109) Кнопс, L. T. 110) Гладстон, L. T. 111)–112)
 Вальден, Z. ph. Ch. 15, 638. 113) Эйкман, I. c. 114)
 Брюль, L. T. 115) Брюль, J. pr. Ch. 50, 140. 116) Валь-
 ден, Z. pr. Ch. 20, 373 и 578. 117) Эйкман, I. c. 118)–
 119) Вальден, Z. ph. Ch. 15, 638. 120) Брюль, L. T.
 121)–122) Вальден, Z. ph. Ch. 20, 573 и 378.

	<i>P</i>	<i>M</i>	<i>t</i>	<i>d</i>	<i>n</i>	<i>D</i>	<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
123. Цитраконоамильный . . .	—	—	20	0.9661	1.4500	3.5948	970.49	1. —	—	—
								2.973.40	+2.91	0.29
124. Итаконоамильный.	—	—	20	0.9657	1.4485	3.6037	973.00	1. —	—	—
								2.973.40	+0.40	0.03
125. Антидиметилантарноамиль- ный.	$C_{16}H_{30}O_4$	286	20	0.9469	1.4368	3.6158	1034.11	1.1055.67	—	—
								2.1034.39	+0.28	0.02
126. Парадиметилантарно- амильный.	—	—	20	0.9452	1.4378	3.6020	1030.17	1. —	—	—
								2.1029.55	—0.62	0.06
127. Діамилмалоновый этиль . .	$C_{17}H_{32}O_4$	300	20	0.9446	1.4394	3.5883	1076.79	1.1097.30	—	—
								2.1081.82	+5.03	0.46
128. Фиалевоамильный	$C_{18}H_{26}O_4$	306	20	1.0315	1.4915	3.5584	1088.87	1.1122.50	—	—
								2.1089.59	0.72	0.07
129. Яблочнометильный	$C_8H_{10}O_5$	162	20	1.2337	1.4425	4.6580	754.59	1.744.07	—	—
								2.755.07	+0.48	0.06
130. Яблочноэтильный.	$C_8H_{14}O_5$	190	20	1.1294	1.4362	4.3176	820.34	1.827.33	—	—
								2.816.69	—3.65	0.44
131. Оксолуксусный этиль . . .	$C_8H_{12}O_5$	188	16.6	1.1715	1.45614	4.3085	810.00	1.830.24	—	—
								2.808.96	—1.04	0.13
132. Ацетондикарбоновый этиль	$C_9H_{14}O_5$	202	23.6	1.1071	1.43775	4.2192	852.32	1.871.87	—	—
								2.850.59	—1.53	0.20
133. Ацетилмалоновый этиль. .	—	—	26.0	1.0834	1.43738	4.1322	834.71	1.871.87	—	—
								2.833.17	—1.54	0.18
134. β-оксикарбэтоксил-αβ I . .	—	—	23.9	1.0890	1.44097	4.1236	832.98	1.853.49	—	—
кротоновый этиль.								2.830.76	—2.22	0.26
» » 	—	—	48.5	1.0642	1.43556	4.0733	822.81	—	—	—
» » 	—	—	70.8	1.0420	1.43056	4.0290	813.86	—	—	—
» » II . . .	—	—	15.6	1.0970	1.44446	4.1254	833.33	—	—	—
135. Яблочнопропильный.	$C_{10}H_{18}O_5$	218	20	1.0745	1.4380	4.0930	892.27	1.910.60	—	—
								2.889.32	—2.95	0.33
136. Яблочноизопропильный . .	—	—	20	1.0760	1.4363	4.1128	896.59	2.899.96	+3.37	0.37
137. Этоксилантарноэтильный .	—	—	20	1.0451	1.4320	4.1292	900.16	2.902.86	+2.70	0.30
138. α-метил-β-оксикарбэтоксил αβ-кротоновый этиль.	$C_{10}H_{16}O_5$	216	17.6	1.0799	1.44091	4.0807	883.43	1.895.13	—	—
								2.878.68	—4.55	0.51
139. α-этил-β-оксикарбэтоксил- αβ-кротоновый этиль.	$C_4H_{18}O_5$	230	18.0	1.0579	1.44396	3.9824	915.96	1.936.76	—	—
								2.914.02	—1.94	0.21
140. Этилацетилмалоновый этиль	—	—	21.4	1.0518	1.42989	4.0733	936.86	1.955.14	—	—
								2.935.79	—1.07	0.11

123)—124) Вальденъ, Z. ph. Ch. 125)—126) Вальденъ, 50, 140. 135)—137) Вальденъ, Z. ph. Ch. 17, 245. 138)—
I. c. 127)—128) Вальденъ, Z. ph. Ch. 15, 638. 129)—130) 140) Брюль, J. pr. Ch. 50, 140.
Вальденъ, Z. ph. Ch. 17, 245. 131)—134) Брюль, J. pr. Ch.

	<i>P</i>	<i>M</i>	<i>t</i>	<i>d</i>	<i>n</i>	<i>D</i>	<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
141. Яблочнойизобутильный . . .	$C_{12}H_{22}O_5$	246	20	1.0418	1.4392	3.9591	973.93	1.993.87	—	—
								2.972.59	—1.34	0.13
142. Яблочнойамильный	$C_{14}H_{26}O_5$	274	20	1.0179	1.4438	3.8335	1050.37	1.1077.14	—	—
								2.1055.86	+5.49	0.52
143. Яблочнойкаприльный	$C_{20}H_{38}O_5$	358	20	0.9761	1.4500	3.6420	1303.83	1.1326.94	—	—
								2.1305.66	+1.77	0.12
144. Виннокаменноэтильный . . .	$C_8H_{14}O_6$	206	20	1.20489	1.44539	4.5236	931.86	1.932.07	+0.21	0.02
145. Ацетияблочнометильный . . .	$C_8H_{12}O_6$	204	20	1.1975	1.4318	4.6187	942.21	1.934.98	—	—
								2.945.98	+3.77	0.40
146. Пропіонияблочнометиль- ный	$C_9H_{14}O_6$	218	20	1.1609	1.4328	4.4748	975.60	1.976.61	+1.01	0.10
147. Ацетияблочнойэтильный . . .	$C_{10}H_{16}O_6$	232	20	1.1168	1.4295	4.3276	1004.00	1.1018.25	—	—
								2.1007.61	+3.61	0.35
148. Нор. бутирияблочнометиль- ный.	$C_{10}H_{16}O_6$	232	20	1.1317	1.4342	4.3489	1007.78	1.1018.25	—0.17	0.01
149. Изобутирияблочнометиль- ный	—	—	20	1.1255	1.4310	4.3480	1008.73	2.1007.61	—1.12	0.11
150. Пропіонияблочнометиль- ный.	$C_{11}H_{18}O_6$	246	20	1.0958	1.4308	4.2350	1041.81	1.1059.88	—	—
								2.1038.60	—3.21	0.30
151. Изовалерияблочнометиль- ный.	$C_{11}H_{18}O_6$	246	20	1.1034	1.4350	4.2284	1040.08	1. —	—	—
								2.1038.60	—1.48	0.14
152. Діацетилмалоновый этиль	$C_{11}H_{16}O_6$	244	26.1	1.1056	1.44724	4.1390	1009.93	1.1062.79	—	—
								2.1006.65	—3.28	0.32
153. Нор. бутирияблочнойэтиль- ный.	$C_{12}H_{20}O_6$	260	20	1.0736	1.4315	4.1433	1077.24	1.1101.52	—	—
								2.1080.24	+3.00	0.28
154. Изобутирияблочнойэтиль- ный.	—	—	20	1.0688	1.4285	4.1500	1079.00	2. —	+1.24	0.11
155. Ацетияблочнойпропильный	—	—	20	1.0724	1.4315	4.1387	1076.06	2. —	+4.18	0.39
156. Акониоэтильный	$C_{12}H_{18}O_6$	258	20	1.1064	1.45562	4.0731	1050.86	1.1086.04	—	—
								2.1055.08	+4.52	0.43
157. Изовалерияблочнойэтильный	$C_{13}H_{22}O_6$	274	20	1.0605	1.4338	4.0738	1116.23	1.1143.15	—	—
								2.1111.23	—5.00	0.45
158. Винограднойамильный	$C_{14}H_{26}O_6$	290	20	1.0640	1.4501	3.9584	1147.93	1.1181.88	—	—
								2.1150.92	+2.99	0.26
159. Мезовинноамильный	—	—	20	1.0658	1.4530	3.9432	1143.52	2.1143.18	—0.34	0.03
160. Нор. бутирияблочнойпро- пильный.	$C_{14}H_{24}O_6$	288	20	1.0417	1.4348	3.9922	1149.75	1.1184.78	—	—
								2.1152.84	+3.09	0.28

141)–143) Вальденъ, Z. ph. Ch. 17, 245. 144) Канонниковъ, неопубликованное наблюдение. 145)–147) Вальденъ, Z. ph. Ch. 17, 245. 148)–151) Вальденъ, Z. ph. Ch. 17, 245. 152) Брюль, Journ. pr. Ch. 50, 140. 153)–155) Вальденъ, Z. ph. Ch. 17, 245. 156) Брюль, L. T. 157)–160) Вальденъ, Z. ph. Ch. 17, 245.

	<i>P</i>	<i>M</i>	<i>t</i>	<i>d</i>	<i>n</i>	<i>D</i>	<i>MD</i>	(<i>MD</i>)	Diff.	въ %
161. Ацетиляблочнойзобутиль- ный.	$C_{14}H_{24}O_6$	288	20	1.0362	1.4330	3.9870	1148.25	1.1152.84	+4.59	0.40
162. Изовалерияблочнойпропиль- ный.	$C_{15}H_{26}O_6$	302	20	1.0263	1.4352	3.9314	1187.28	1.1226.42	—	—
								2.1194.50	+7.22	0.60
163. Нор. бутирияблочной нор. бутильный.	$C_{16}H_{28}O_6$	316	20	1.0146	1.4352	3.8866	1228.16	1.1268.05	—	—
								2.1236.13	+7.97	0.64
164. Изовалерияблочнойзобу- тильный.	$C_{17}H_{30}O_6$	330	20	1.0045	1.4353	3.8471	1269.54	1.1309.69	—	—
								2.1277.77	+8.23	0.65
165. Трикарбоаллиламильный. .	$C_{21}H_{38}O_6$	386	20	0.9973	1.4452	3.7456	1445.80	1.1468.48	—	—
								2.1447.20	+1.40	0.09
166. Аконитоамильный	$C_{21}H_{36}O_6$	384	20	1.0029	1.4572	3.6810	1413.60	1.1460.75	—	—
								2.1415.29	+1.69	0.12
167. Триэтилцитратъ	$C_{12}H_{20}O_7$	276	20	1.1369	1.44554	4.2662	1177.47	1.1198.52	—	—
								2.1177.24	—0.23	0.02
168. Тетраэтилцитратъ	$C_{14}H_{24}O_7$	304	20	1.1022	1.44844	4.1137	1250.56	1.1274.04	—	—
								2.1252.76	+2.20	0.17



DEC 7 1922

13,373

ЗАПИСКИ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.

MÉMOIRES

DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG.

VIII^e SÉRIE.

ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОТДѢЛЕНИЮ.

CLASSE PHYSICO-MATHÉMATIQUE.

Томъ XIV. № 7.

Volume XIV. № 7.

RECHERCHES

DANS LA THÉORIE

DE LA FIGURE DES CORPS CÉLESTES.

PAR

A. Liapounoff.

(Lu le 8 octobre 1903.)

C.-ПЕТЕРБУРГЪ. 1903. ST.-PÉTERSBOURG.

Продается у комиссіонеровъ Императорской
Академіи Наукъ:

Н. Н. Глазунова, М. Эггерса и Комп. и К. Л. Риккера
въ С.-Петербургѣ,
П. П. Карбасникова въ С.-Петерб., Москвѣ, Варшавѣ и
Вильнѣ,
П. Я. Оглоблина въ С.-Петербургѣ и Кіевѣ,
М. В. Ключкина въ Москвѣ,
Е. П. Распопова въ Одессѣ,
П. Киммеля въ Ригѣ,
Фоссъ (Г. Гэссель) въ Лейпцигѣ,
Люзакъ и Комп. въ Лондонѣ.

Commissionnaires de l'Académie IMPÉRIALE des
Sciences:

J. Glasounof, M. Eggers & Cie. et C. Ricker à St.-Péters-
bourg,
N. Karbasnikof à St.-Pétersbourg, Moscou, Varsovie et
Vilna,
N. Oglobline à St.-Pétersbourg et Kief,
M. Klukine à Moscou,
E. Raspopoff à Odessa,
N. Kymmel à Riga,
Voss' Sortiment (G. Haessel) à Leipsic,
Luzac & Cie. à Londres.

Цена: 80 коп. — Prix: 2 Mark.

ЗАПИСКИ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.

MÉMOIRES

DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG.

VIII^e SÉRIE.

ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОТДѢЛЕНІЮ.

CLASSE PHYSICO-MATHÉMATIQUE.

Томъ XIV. № 7.

Volume XIV. № 7.

RECHERCHES

DANS LA THÉORIE

DE LA FIGURE DES CORPS CÉLESTES.

PAR

A. Liapounoff.

(Lu le 8 octobre 1903.)

C.-ПЕТЕРБУРГЪ. 1903. ST.-PÉTERSBOURG.

Продается у комиссіонеровъ Императорской
Академіи Наукъ:

И. И. Глазунова, М. Эггера и Комп. и К. Л. Риккера
въ С.-Петербургѣ,
Н. П. Карбасникова въ С.-Петерб., Москвѣ, Варшавѣ и
Вильнѣ,
Н. Я. Оглоблина въ С.-Петербургѣ и Кіевѣ,
М. В. Клюкина въ Москвѣ,
Е. П. Распопова въ Одессѣ,
Н. Киммеля въ Ригѣ,
Фоссъ (Г. Гэссель) въ Лейпцигѣ,
Люзакъ и Комп. въ Лондонѣ.

Commissionnaires de l'Académie IMPÉRIALE des
Sciences:

J. Glasounof, M. Eggers & Cie. et C. Ricker à St.-Péters-
bourg,
N. Karbasnikof à St.-Pétersbourg, Moscou, Varsovie et
Vilna,
N. Oglobline à St.-Pétersbourg et Kief,
M. Klukine à Moscou,
E. Raspopoff à Odessa,
N. Kymmel à Riga,
Voss' Sortiment (G. Haessel) à Leipsic,
Luzac & Cie. à Londres.

Цена: 80 коп. — Prix: 2 Mark.

Напечатано по распоряженію Императорской Академіи Наукъ.
С.-Петербургъ, Ноябрь 1903 г. Непремѣнный Секретарь, Академикъ *Н. Дубровинъ*.

ТИПОГРАФІЯ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ НАУКЪ.
Вас. Остр., 9 лия., 12.

Recherches dans la théorie de la figure des corps célestes.

Dans l'hypothèse que les corps célestes ont été primitivement fluides, leurs figures (en négligeant l'effet de leurs actions mutuelles) doivent être celles d'une masse fluide dont les éléments s'attirent mutuellement suivant la loi de Newton, et qui est animée d'une rotation uniforme autour d'un axe fixe.

En partant de cette hypothèse, on est conduit, dans le cas du fluide hétérogène, à chercher les figures de diverses surfaces de niveau, dont l'une coïncidera avec la surface de la masse entière. Sur chacune de ces surfaces, la densité conservera une valeur constante qui variera d'une surface à une autre, de sorte que, si les surfaces de niveau sont définies par les valeurs d'un certain paramètre, la densité en sera une fonction. Cette fonction, qui exprime ce qu'on appelle la *loi des densités*, peut être choisie arbitrairement, et pour rendre le problème déterminé on devra faire, à son égard, telle ou telle hypothèse.

C'est à ce point de vue que la question a été considérée par Clairaut, qui a montré que, si la rotation est très lente, les surfaces de niveau seront, à fort peu près, celles des ellipsoïdes de révolution. Toutefois ce résultat n'est vrai que dans la première approximation, et la théorie de Clairaut ne permet pas de pousser l'approximation plus loin.

Une théorie exempte de cet inconvénient a été développée depuis par Legendre et Laplace, qui ont proposé des méthodes permettant d'aller, dans les approximations successives, aussi loin qu'on veut.

Cette théorie est aujourd'hui généralement admise et fait partie des *Traité de Mécanique Céleste*. Toutefois elle laisse encore beaucoup à désirer, car jusqu'à présent on ne s'est pas encore occupé de la question, si les séries, auxquelles elle conduit définitivement, sont convergentes, même dans le cas de rotation très lente.

Une autre circonstance qui nuit à la rigueur de la théorie consiste en ce que, dans le cours des calculs, on se sert d'un développement du potentiel dont la légitimité n'est nullement démontrée.

Cette circonstance a été signalée encore par Poisson, qui a cherché à combler la lacune dans les *Additions à la Connaissance des Temps* pour 1829. Mais l'analyse de ce grand géomètre ne peut pas être considérée comme satisfaisante et, à la rigueur, elle ne lève pas l'objection.

Dans ces derniers temps, la question fut reprise par M. Callandreau (*Journal de l'École polytechnique*, 58-ème cahier). Mais ce savant a seulement établi qu'une certaine série représente le potentiel, si elle est convergente, et quant à la convergence, il la fait dépendre de telles conditions qu'il n'est pas permis d'admettre à priori.

Donc la théorie considérée est encore sujette à la difficulté dont il s'agit, et ainsi elle demande à être complétée sous certains rapports.

C'est ce qui a donné naissance à mes recherches sur ce sujet, dont je présente ici une partie, avec un résumé des principaux résultats auxquels je suis parvenu.

Tout d'abord, j'ai cherché à débarrasser la théorie de l'emploi du développement dont il vient d'être question, et j'y ai réussi en faisant voir que le même but peut être atteint par un autre procédé, qui est exempt de toute difficulté. Tout ce qu'il faut faire pour pouvoir aborder le problème, c'est présenter le potentiel sous la forme d'une série procédant suivant les termes de divers ordres par rapport à une petite quantité, qui sert à représenter la déviation des surfaces de niveau des surfaces sphériques, dont elles sont supposées peu différentes. J'ai montré comment on peut atteindre ce but sans l'emploi du développement dont se sont servis Legendre, Laplace et Poisson. Il est vrai que j'ai dû faire, à cet effet, certaines suppositions à l'égard de la fonction inconnue; mais ces suppositions, très naturelles en elles-mêmes, sont d'une grande généralité, et d'ailleurs elles se trouvent justifiées par le résultat définitif de mes recherches.

Ensuite, j'ai étudié les équations dont dépend le calcul des approximations de divers ordres, et dont la première est l'équation célèbre de Clairaut.

Ces équations ont été déjà considérées par plusieurs géomètres. Mais il me semble que personne ne les a encore traitées dans des suppositions aussi générales à l'égard de la loi des densités; car tout ce que je suppose, c'est que la densité, toujours finie, décroît constamment, lorsqu'on passe d'une surface de niveau à une autre, du centre vers la surface du fluide, en entendant par centre le centre commun des surfaces sphériques concentriques dont les surfaces de niveau sont supposées peu différentes.

Il est à remarquer que cette supposition est admise par tous les géomètres qui ont traité de ce sujet, pour raison de certaines considérations de stabilité. Mais, ordinairement, on fait encore d'autres suppositions et, en particulier, on admet un certain développement, pour la densité, au voisinage du centre. Moi je suppose seulement que la densité y est finie et, pour la fonction représentant la loi des densités, je n'admet aucune expression analytique. J'ajouterai que, dans mes recherches, la densité peut être discontinue, et que même il peut y avoir une infinité de surfaces de niveau, par lesquelles elle passe en variant brusquement; seulement, elle doit toujours varier en croissant vers le centre. D'ailleurs, même là où la

densité est continue, mon analyse ne suppose pas l'existence de la dérivée pour la fonction qui exprime la loi des densités.

Enfin, toujours dans ces suppositions générales, je me suis occupé de la question de la convergence des séries auxquelles conduit la suite des approximations successives.

J'ordonne ces séries suivant les puissances ascendantes d'un paramètre que l'on introduit ordinairement dans la théorie considérée, et qui représente, avec une certaine approximation, le rapport de la force centrifuge sous l'équateur à la pesanteur; et l'étude de la question m'a amené à ce résultat inattendu qu'on peut assigner un nombre *entièrement fixe* (ne dépendant ni de la loi des densités, ni d'aucun autre élément physique), tel que, si le paramètre dont il vient d'être question lui est inférieur, les séries dont il s'agit seront absolument et uniformément convergentes dans toute la masse fluide.

Il va sans dire que l'évaluation de la plus grande valeur possible pour le nombre de cette espèce est un problème très difficile et que je n'ai pas cherché à le résoudre: je me suis seulement borné à la recherche des formules permettant d'assigner à cette valeur une limite inférieure, plus ou moins précise. Malheureusement mes formules, quoique maintes fois remaniées, ne sont pas encore assez précises pour qu'on puisse s'en contenter. Il est vrai qu'elles sont déjà susceptibles d'une application à la Mécanique Céleste, ainsi qu'on le verra dans le dernier numéro du présent Mémoire; mais, pour les applications les plus importantes, elles sont encore trop grossières.

Aussi me bornerai-je, dans ce qui suit, à citer ces formules sans démonstration, en me réservant à publier mon analyse quand j'aurai obtenu un résultat plus précis.

1. Considérons une masse fluide dont les éléments s'attirent mutuellement suivant la loi de Newton, et qui tourne uniformément autour d'un axe que nous prendrons pour axe des z des coordonnées rectangulaires x, y, z .

Soient: f la constante de la gravitation universelle, fU le potentiel de la masse fluide au point (x, y, z) , ρ la densité au même point et ω la vitesse angulaire de rotation.

Les conditions d'équilibre se réduisent, comme on sait, à ce que, sur la surface du fluide, ainsi que sur toute autre surface de niveau (surface de pression constante), ρ et

$$U + \frac{\omega^2}{2f}(x^2 + y^2)$$

doivent conserver des valeurs constantes. Donc, si l'on suppose que les surfaces de niveau se distinguent l'une de l'autre par les valeurs d'un certain paramètre a , ces conditions s'exprimeront ainsi:

$$\rho = \text{fonction de } a,$$

$$(1) \quad U + \frac{\omega^2}{2f}(x^2 + y^2) = \text{fonction de } a.$$

La première de ces équations représente la loi des densités, et la fonction de a qui y figure peut être considérée comme une donnée du problème.

Quant à la deuxième, c'est l'équation fondamentale d'où dépend la solution du problème.

Pour fixer les idées, nous prendrons pour a le rayon de la sphère dont le volume est égal à celui limité par la surface de niveau correspondante. D'ailleurs, ne considérant que le cas de rotation très lente, nous supposerons que les surfaces de niveau soient des surfaces convexes peu différentes des surfaces des sphères concentriques, ayant pour centre un point situé sur l'axe de rotation.*)

Nous prendrons ce point pour origine des coordonnées. Alors, si l'on introduit les coordonnées polaires r, θ, ψ , en posant

$$x = r \sin \theta \cos \psi, \quad y = r \sin \theta \sin \psi, \quad z = r \cos \theta,$$

l'équation des surfaces de niveau pourra être présentée sous la forme

$$r = a (1 + \zeta),$$

ζ étant une fonction de a, θ, ψ dont toutes les valeurs sont très petites; et pour obtenir toutes les surfaces de niveau, on fera varier a de 0 à une certaine valeur A , qui correspondra à la surface du fluide.

C'est la fonction ζ qu'il faudra déterminer en partant de l'équation (1), où l'on supposera que ρ soit une fonction donnée de a .

Outre l'équation (1), ζ devra vérifier encore une certaine condition, qui résulte de la définition que nous avons adoptée pour a . Signalons cette condition.

Si l'on entend par $d\sigma$ un élément superficiel de la sphère de rayon 1 ayant pour centre l'origine des coordonnées, de sorte qu'on pourra poser

$$d\sigma = \sin \theta \, d\theta \, d\psi,$$

le volume limité par une surface de niveau sera, évidemment, donné par la formule

$$\frac{1}{3} a^3 \int (1 + \zeta)^3 d\sigma,$$

où l'intégrale s'étend à toute la surface de la sphère.

Donc, par la définition de a , nous aurons

$$(2) \quad \int (1 + \zeta)^3 d\sigma = 4\pi.$$

*) Remarquons que ce point coïncidera avec le centre de gravité de la masse fluide. Mais on peut ne pas introduire cette condition à priori.

Remarquons qu'en vertu de cette condition on aura, pour la masse M du fluide, cette expression simple

$$M = 4\pi \int_0^A \rho a^2 da.$$

En effet, on a

$$M = \int_0^A \rho a^2 da \int (1 + \zeta)^2 \left(1 + \frac{\partial a \zeta}{\partial a}\right) d\sigma,$$

et la condition (2) donne

$$\int (1 + \zeta)^2 \left(1 + \frac{\partial a \zeta}{\partial a}\right) d\sigma = 4\pi.$$

Au lieu de ω , nous introduirons le paramètre κ défini par la formule

$$\kappa = \frac{\omega^2 A^3}{f M};$$

d'où l'on voit que, si l'on néglige ζ , κ représentera le rapport de la force centrifuge à la pesanteur sous l'équateur sur la surface.

Si l'on introduit ensuite, au lieu de $x^2 + y^2$, son expression

$$a^2 (1 + \zeta)^2 \sin^2 \theta,$$

l'équation (1) deviendra

$$(3) \quad U + \frac{M}{2A^3} \kappa a^2 (1 + \zeta)^2 \sin^2 \theta = \text{fonction de } a,$$

et il ne reste qu'à substituer, pour U , l'expression que nous allons signaler à l'instant.

Considérons, outre le point (r, θ, ψ) , un point de la masse fluide, dont les coordonnées polaires soient r', θ', ψ' , et désignons par $a', \rho', \zeta', d\sigma'$ les quantités se rapportant à ce point et ayant la même signification que $a, \rho, \zeta, d\sigma$. Alors, si l'on entend par Δ la distance mutuelle entre les points (r, θ, ψ) et (r', θ', ψ') , il viendra

$$(4) \quad U = \int_0^A \rho' a'^2 da' \int (1 + \zeta')^2 \left(1 + \frac{\partial a' \zeta'}{\partial a'}\right) \frac{d\sigma'}{\Delta},$$

où l'intégrale relative à $d\sigma'$ est étendue à toute la surface de la sphère de rayon 1.

Dans cette formule

$$\Delta = \sqrt{r^2 + r'^2 - 2rr' \cos \varphi},$$

où

$$\cos \varphi = \cos \theta \cos \theta' + \sin \theta \sin \theta' \cos (\psi - \psi'),$$

et où l'on doit poser

$$r' = a' (1 + \zeta').$$

Si le point (r, θ, ψ) appartient à la masse fluide, comme cela a lieu dans l'équation (3), on posera aussi $r = a(1 + \zeta)$, est l'on aura

$$\Delta = \sqrt{a^2 (1 + \zeta)^2 + a'^2 (1 + \zeta')^2 - 2aa' (1 + \zeta) (1 + \zeta') \cos \varphi}.$$

Remarquons que l'équation (3) contient, au second membre, une fonction inconnue de a . Mais cela ne pourra donner lieu à aucune indétermination, vu qu'on a encore l'équation (2).

2. Pour aborder le problème considéré, on doit présenter le potentiel sous forme d'une série où fussent mis en évidence les termes de divers ordres par rapport à ζ .

A cet effet, à l'exemple de Legendre et de Laplace, on commence ordinairement par développer la fonction $\frac{1}{\Delta}$ suivant les puissances ascendantes ou descendantes de r , suivant que $r' > r$ ou $r' < r$, ce qui donne, pour le potentiel, un développement suivant les fonctions sphériques des angles θ et ψ , et ensuite, en posant

$$r = a(1 + \zeta),$$

on calcule les termes de divers ordres pour chacun des termes du développement ainsi obtenu.

C'est l'emploi de ce développement qui donne naissance à la difficulté dont nous avons parlé plus haut.

Or le procédé que nous venons d'indiquer n'est nullement nécessaire; car on peut calculer les termes de divers ordres immédiatement pour le potentiel, ce qui conduira à une série de la forme requise sans l'emploi du développement dont il s'agit, et nous allons maintenant montrer que cette série sera convergente dans des conditions bien générales.

Nous aurions pu retenir ici le point de vue général; mais, pour le problème considéré, il suffit de se restreindre à la supposition que ζ ne dépend point de ψ et que c'est une fonction paire de

$$\mu = \cos \theta;$$

et nous le ferons, pour ne pas introduire de complications inutiles.

Nous supposerons d'ailleurs que les dérivées

$$\frac{\partial \zeta}{\partial (\mu^2)}, \quad \frac{\partial a \zeta}{\partial a}$$

existent pour toutes les valeurs de a et de μ qu'on a à considérer, et que non-seulement ζ , mais encore ces dérivées restent toujours assez petites en valeurs absolues *), de sorte qu'on puisse assigner des nombres positifs l, g, h satisfaisant à l'inégalité

$$l^2 + g^2 + h^2 < 1,$$

et tels qu'on ait

$$|\zeta| < l, \quad \left| \frac{\partial \zeta}{\partial \mu^2} \right| < g, \quad \left| \frac{\partial a \zeta}{\partial a} \right| < h,$$

pour toutes les valeurs de a dans l'intervalle $(0, A)$ et pour toutes les valeurs de μ^2 dans l'intervalle $(0, 1)$.

Cela posé, remplaçons dans l'expression (4) de U les quantités ζ et ζ' par $\varepsilon \zeta$ et $\varepsilon \zeta'$, en entendant par ε un paramètre arbitraire.

En posant

$$\sqrt{a^2 + a'^2 - 2aa' \cos \varphi} = D,$$

$$\frac{a^2 \zeta + a'^2 \zeta' - aa' (\zeta + \zeta') \cos \varphi}{D^2} = v,$$

$$\frac{a^2 \zeta^2 + a'^2 \zeta'^2 - 2aa' \zeta \zeta' \cos \varphi}{D^2} = w,$$

de sorte qu'il viendra

$$\Delta = D \sqrt{1 + 2v + w},$$

nous obtiendrons ainsi cette expression

$$(5) \quad \int_0^A \rho' a'^2 da' \int \frac{(1 + \varepsilon \zeta')^2 \left(1 + \varepsilon \frac{\partial a' \zeta'}{\partial a'}\right) d\sigma'}{\sqrt{1 + 2\varepsilon v + \varepsilon^2 w}} \frac{d\sigma'}{D},$$

qui sera une certaine fonction de ε ; et nous allons montrer que, dans les conditions admises, cette fonction sera développable suivant les puissances ascendantes de ε , au moins tant que $|\varepsilon| \leq 1$.

*) Au lieu de la dérivée $\frac{\partial \zeta}{\partial \mu^2}$, nous aurions pu introduire la dérivée $\frac{\partial \zeta}{\partial \mu}$, ou même celle-ci $\frac{\partial \zeta}{\partial \theta}$; mais la considération de la dérivée $\frac{\partial \zeta}{\partial \mu^2}$ a quelque avantage dans l'étude de la convergence des séries que l'on obtient définitivement pour les fonctions $\zeta, \frac{\partial \zeta}{\partial \theta}, \frac{\partial \zeta}{\partial a}$, et c'est seulement pour cette raison que nous l'introduisons.

A cet effet il suffit de montrer que la fonction

$$(1 + 2\varepsilon v + \varepsilon^2 w)^{-\frac{1}{2}},$$

tant que $|\varepsilon| \leq 1$, sera développable suivant les puissances de ε en une série uniformément convergente pour toutes les valeurs de a' dans l'intervalle $(0, A)$ et pour toutes les valeurs de θ' et ψ' , que l'on peut assujettir aux inégalités

$$0 \leq \theta' \leq \pi, \quad 0 \leq \psi' \leq 2\pi.$$

Or on a

$$1 + 2\varepsilon v + \varepsilon^2 w = [1 + (v + \sqrt{v^2 - w}) \varepsilon] [1 + (v - \sqrt{v^2 - w}) \varepsilon],$$

et par la nature même de cette expression on doit avoir $v^2 < w$, ce qui résulte d'ailleurs immédiatement de l'identité

$$w - v^2 = \frac{a^2 a'^2 (\zeta - \zeta')^2 \sin^2 \varphi}{D^4}.$$

Donc le module de chacune des deux quantités

$$v + \sqrt{v^2 - w}, \quad v - \sqrt{v^2 - w}$$

sera égal à \sqrt{w} , d'où l'on voit que notre proposition sera établie, si l'on peut montrer que w ne surpasse jamais un certain nombre fixe et inférieur à 1.

Cela posé, nous remarquons que

$$w = \frac{(a\zeta - a'\zeta')^2}{D^2} + \frac{2aa'\zeta\zeta'(1 - \cos \varphi)}{D^2},$$

ce qui, en vertu des inégalités

$$|\zeta\zeta'| < l^2, \quad 2aa'(1 - \cos \varphi) < D^2,$$

donne

$$w < l^2 + \frac{(a\zeta - a'\zeta')^2}{D^2}.$$

Or, si l'on pose pour un moment

$$\zeta = f(a, \mu^2), \quad \zeta' = f(a', \mu'^2),$$

on pourra écrire

$$\begin{aligned} a\zeta - a'\zeta' = & a f(a, \mu^2) - \sqrt{aa'} f(\sqrt{aa'}, \mu^2) \\ & + \sqrt{aa'} f(\sqrt{aa'}, \mu'^2) - a' f(a', \mu'^2) \\ & + \sqrt{aa'} \{f(\sqrt{aa'}, \mu^2) - f(\sqrt{aa'}, \mu'^2)\}, \end{aligned}$$

et en vertu de ce que nous avons admis, on a

$$\begin{aligned} |a f(a, \mu^2) - \sqrt{aa'} f(\sqrt{aa'}, \mu^2)| & < h |a - \sqrt{aa'}|, \\ |\sqrt{aa'} f(\sqrt{aa'}, \mu'^2) - a' f(a', \mu'^2)| & < h |\sqrt{aa'} - a'|, \\ |f(\sqrt{aa'}, \mu^2) - f(\sqrt{aa'}, \mu'^2)| & < g |\mu^2 - \mu'^2|. \end{aligned}$$

Donc, les quantités $a - \sqrt{aa'}$ et $\sqrt{aa'} - a'$ ayant le même signe, il viendra

$$|a\zeta - a'\zeta'| < h |a - a'| + g \sqrt{aa'} |\cos^2 \theta - \cos^2 \theta'|.$$

D'autre part, on a

$$\cos^2 \theta - \cos^2 \theta' = \sin(\theta + \theta') \sin(\theta' - \theta),$$

ce qui donne

$$|\cos^2 \theta - \cos^2 \theta'| < |\sin(\theta' - \theta)| < 2 \left| \sin \frac{\theta - \theta'}{2} \right|,$$

et comme

$$\begin{aligned} 1 - \cos \varphi &= 1 - \cos(\theta - \theta') + \sin \theta \sin \theta' [1 - \cos(\psi - \psi')] \\ &> 1 - \cos(\theta - \theta') = 2 \sin^2 \frac{\theta - \theta'}{2}, \end{aligned}$$

ce qui conduit à l'inégalité

$$D^2 > (a - a')^2 + 4aa' \sin^2 \frac{\theta - \theta'}{2},$$

on aura

$$\frac{|a\zeta - a'\zeta'|}{D} < \frac{h|a - a'| + gb}{\sqrt{(a - a')^2 + b^2}},$$

en posant, pour abréger,

$$2 \sqrt{aa'} \left| \sin \frac{\theta - \theta'}{2} \right| = b.$$

De là il vient

$$(6) \quad \frac{|a\zeta - a'\zeta'|}{D} < \sqrt{g^2 + h^2}$$

et, par suite,

$$w < l^2 + g^2 + h^2.$$

Notre proposition se trouve donc démontrée, car nous avons supposé que le nombre $l^2 + g^2 + h^2$ est au-dessous de 1.

Soit donc

$$U_0 + U_1\varepsilon + U_2\varepsilon^2 + \dots$$

le développement de l'expression (5).

En posant $\varepsilon = 1$, nous en déduirons le développement cherché:

$$(7) \quad U = U_0 + U_1 + U_2 + \dots,$$

lequel, dans les conditions admises, sera évidemment absolument convergent.

Si l'on regarde ζ et $\frac{\partial a\zeta}{\partial a}$ comme de petites quantités du premier ordre, le terme U_n de ce développement sera de n -ème ordre.

3. Il est facile d'obtenir, pour U_n , une expression explicite.

En ce qui concerne U_0 , nous aurons simplement

$$U_0 = \int_0^A \rho' a'^2 da' \int \frac{d\sigma'}{D},$$

ce qui se réduit à

$$U_0 = \frac{4\pi}{a} \int_0^a \rho a^3 da + 4\pi \int_a^A \rho a da.$$

Passant ensuite au cas de $n > 0$, nous introduirons les notations suivantes:

$$a'^2 \int \frac{(1 + \zeta')^2 d\sigma'}{\Delta} = R, \quad a'^2 \int \frac{(1 + \zeta')^2 \frac{\partial a'\zeta'}{\partial a'} d\sigma'}{\Delta} = S,$$

de sorte qu'il viendra

$$U = \int_0^A \rho' (R + S) da'.$$

Supposons maintenant qu'on remplace, dans les expressions de R et de S , ζ par $\varepsilon\zeta$, ζ' par $\varepsilon\zeta'$, et que l'on développe les résultats suivant les puissances de ε .

Soient

$$R_0 + R_1 \varepsilon + R_2 \varepsilon^2 + \dots, \quad S_1 \varepsilon + S_2 \varepsilon^2 + \dots$$

les développements ainsi obtenus.

Il est facile de voir que, pour $n > 0$, on aura

$$R_n = \sum \frac{a^i \zeta^i}{i! j!} \left(\frac{\partial^n}{\partial a^i \partial b^j} \int \frac{(a' \zeta')^j b^2 d\sigma'}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \varphi}} \right)_{b=a'},$$

$$S_n = \sum \frac{a^i \zeta^i}{i! j!} \left(\frac{\partial^{n-1}}{\partial a^i \partial b^j} \int \frac{(a' \zeta')^j \frac{\partial a' \zeta'}{\partial a'} b^2 d\sigma'}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \varphi}} \right)_{b=a'},$$

où l'on doit poser, après la différentiation, ainsi que nous l'avons indiqué, $b = a'$, et où les sommations s'étendent à toutes les valeurs de i et de j qui appartiennent à la suite

$$0, \quad 1, \quad 2, \quad 3, \quad \dots$$

et vérifient, pour R_n , l'égalité

$$i + j = n$$

et, pour S_n , l'égalité

$$i + j = n - 1.$$

Avec ces expressions de R_n et S_n , où le cas de $a' = a$ doit être considéré comme cas limite, nous aurons

$$U_n = \int_0^A \rho' (R_n + S_n) da'.$$

Mais cette formule est encore susceptible de quelques réductions.

A cet effet, nous remarquons que, pour R_n , le terme correspondant à $j = 0$ est égal à

$$\frac{a^n \zeta^n}{n!} \frac{\partial^n}{\partial a^n} \int \frac{a'^2 d\sigma'}{D}$$

et se réduit ainsi, pour $a' < a$, à

$$4\pi \frac{a'^2}{a} (-\zeta)^n$$

et, pour $a' > a$, à zéro. Quant aux autres termes, leur somme peut être écrite ainsi:

$$\sum \frac{a^i \zeta^i}{i! (j+1)!} \left(\frac{\partial^n}{\partial a^i \partial b^{j+1}} \int \frac{(a' \zeta')^{j+1} b^2 d\sigma'}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \varphi}} \right)_{b=a'},$$

la sommation s'étendant aux mêmes valeurs de i et j que pour S_n .

En ce qui concerne S_n , si $\frac{\partial a \zeta}{\partial a}$ est une fonction continue de a , on peut écrire

$$S_n = \sum \frac{a^i \zeta^i}{i! (j+1)!} \left(\frac{\partial^n}{\partial a^i \partial b^j \partial a'} \int \frac{(a' \zeta')^{j+1} b^2 d\sigma'}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \varphi}} \right)_{b=a'}.$$

Admettons cela et posons

$$T_n = \sum \frac{a^i \zeta^i}{i! (j+1)!} \left(\frac{\partial^{n-1}}{\partial a^i \partial b^j} \int \frac{(a' \zeta')^{j+1} b^2 d\sigma'}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \varphi}} \right)_{b=a'},$$

la somme étant étendue aux valeurs de i et j vérifiant l'égalité

$$i + j = n - 1.$$

Alors il viendra: pour $a' < a$,

$$R_n + S_n = 4\pi \frac{a'^2}{a} (-\zeta)^n + \frac{\partial T_n}{\partial a'}$$

et, pour $a' > a$,

$$R_n + S_n = \frac{\partial T_n}{\partial a'}.$$

Par suite, nous aurons

$$(8) \quad U_n = \frac{4\pi}{a} (-\zeta)^n \int_0^a \rho a^2 da + \int_0^A \rho' \frac{\partial T_n}{\partial a'} da',$$

ce qui est la formule cherchée.

Pour ce qui va suivre, il est utile de remarquer que, dans les conditions où nous nous sommes placé, R_n et S_n ne deviendront pas discontinus pour $a' = a$. En effet, dans ces conditions, v et w , considérées comme des fonctions d'une seule variable a' , seront, évidemment, continues, même pour $a' = a$. Par suite, R et S , ainsi que les expressions qu'on en déduit en remplaçant ζ et ζ' par $\varepsilon \zeta$ et $\varepsilon \zeta'$, seront encore continus pour $a' = a$; et de là il résulte que R_n et S_n seront dans le même cas.

En vertu de cela, si $\frac{\partial (R_n + S_n)}{\partial a}$ ne devient pas infini pour $a' = a$, on aura

$$\frac{\partial U_n}{\partial a} = \int_0^A \rho' \frac{\partial (R_n + S_n)}{\partial a} da',$$

ce que l'on peut encore écrire ainsi:

$$(9) \quad \frac{\partial U_n}{\partial a} = \frac{4\pi}{a^2} (-\zeta)^{n-1} \left(\zeta - na \frac{\partial \zeta}{\partial a} \right) \int_0^a \rho a^2 da + \int_0^A \rho' \frac{\partial^2 T_n}{\partial a \partial a'} da',$$

où, sous le signe de l'intégrale, le cas de $a' = a$ doit être considéré comme cas limite.

4. Supposons, comme cela aura lieu dans le problème considéré, que ζ s'exprime par une série procédant suivant les puissances du paramètre x que nous avons défini plus haut, de sorte qu'on ait

$$(10) \quad \zeta = \zeta_1 x + \zeta_2 x^2 + \zeta_3 x^3 + \dots,$$

les ζ_i étant des fonctions de a et de μ indépendante de x .

Supposons ensuite qu'on ait réussi à obtenir des constantes positives

$$\begin{array}{cccc} l_1, & l_2, & l_3, & \dots, \\ g_1, & g_2, & g_3, & \dots, \\ h_1, & h_2, & h_3, & \dots, \end{array}$$

telles qu'on ait

$$|\zeta_i| < l_i, \quad \left| \frac{\partial \zeta_i}{\partial \mu^2} \right| < g_i, \quad \left| \frac{\partial \zeta_i}{\partial a} \right| < h_i$$

pour toutes les valeurs de i dans la suite 1, 2, 3, ... et pour toutes les valeurs de a et de μ que nous avons à considérer, ces constantes étant d'ailleurs telles que les séries

$$(11) \quad \begin{cases} l_1 x + l_2 x^2 + l_3 x^3 + \dots, \\ g_1 x + g_2 x^2 + g_3 x^3 + \dots, \\ h_1 x + h_2 x^2 + h_3 x^3 + \dots \end{cases}$$

soient convergentes pour des valeurs assez petites de x .

Alors on pourra poser

$$\begin{aligned} l &= l_1 x + l_2 x^2 + l_3 x^3 + \dots, \\ g &= g_1 x + g_2 x^2 + g_3 x^3 + \dots, \\ h &= h_1 x + h_2 x^2 + h_3 x^3 + \dots, \end{aligned}$$

et en faisant x assez petit on pourra rendre l , g , h aussi petits qu'on voudra.

Si l'on substitue, dans U_n , au lieu de ζ , son expression (10) et, au lieu de ζ' , l'expression

$$\zeta'_1 x + \zeta'_2 x^2 + \zeta'_3 x^3 + \dots$$

qu'on en déduit en remplaçant a et μ par a' et μ' , on pourra développer le résultat suivant les puissances de x , et l'on obtiendra ainsi une série de la forme

$$(12) \quad U_n = U_{n,0} x^n + U_{n,1} x^{n+1} + \dots,$$

qui sera absolument convergente toutes les fois que les séries (11) sont convergentes.

En portant les développements ainsi obtenus dans la formule (7), on pourra présenter U sous la forme d'une série procédant suivant les puissances de x .

Pour des valeurs assez petites de x , cette série sera convergente; mais, en général, il ne suffit pas, à cet effet, de satisfaire à l'inégalité

$$l^2 + g^2 + h^2 < 1,$$

qui assure seulement la convergence de la série (7). Toutefois il suffira qu'on ait

$$(13) \quad 2(l + g + h) + l^2 + (g + h)^2 < 1.$$

Pour le montrer, reprenons les formules du n° 2.

L'expression de v fait voir que, si on la développe suivant les puissances de x , en posant

$$v = v_1 x + v_2 x^2 + v_3 x^3 + \dots,$$

il viendra

$$v_i = \frac{(a - a')(a\zeta_i - a'\zeta'_i)}{D^2} + \frac{aa'(\zeta_i + \zeta'_i)(1 - \cos \varphi)}{D^2};$$

et cette formule donne

$$|v_i| < \frac{|a\zeta_i - a'\zeta'_i|}{D} + l_i,$$

puisque l'on a

$$D^2 = (a - a')^2 + 2aa'(1 - \cos \varphi).$$

Or il est évident que, pour ζ_i , on aura une inégalité de la même forme que celle (6) que nous avons établie pour ζ . Nous aurons donc

$$\frac{|a\zeta_i - a'\zeta'_i|}{D} < \sqrt{g_i^2 + h_i^2}$$

et, à plus forte raison,

$$\frac{|a\zeta_i - a'\zeta'_i|}{D} < g_i + h_i.$$

Ainsi il vient

$$|v_i| < l_i + g_i + h_i,$$

ce qui fait voir que $|v_i|$ est inférieur au coefficient de x^i dans le développement de

$$l + g + h.$$

De même la formule

$$w = \frac{(a\zeta - a'\zeta')^2}{D^2} + \frac{2aa'\zeta\zeta'(1 - \cos \varphi)}{D^2}$$

fait voir que, si l'on pose

$$w = w_2 x^2 + w_3 x^3 + \dots,$$

$|w_i|$ sera inférieur au coefficient de x^i dans le développement de

$$(g + h)^2 + l^2.$$

De là on peut conclure que, sous la condition (13), l'expression

$$(1 + 2v + w)^{-\frac{1}{2}}$$

sera développable suivant les puissances de x en une série absolument et uniformément convergente pour toutes les valeurs de $a, a', \theta, \theta', \varphi$ qu'on a à considérer; et la convergence du développement de U dont il s'agit en résulte immédiatement.

Par ce que nous venons de montrer, on voit que toutes les difficultés seront écartées, si l'on parvient à déterminer les trois suites de nombres

$$\begin{array}{cccc} l_1, & l_2, & l_3, & \dots, \\ g_1, & g_2, & g_3, & \dots, \\ h_1, & h_2, & h_3, & \dots \end{array}$$

satisfaisant aux conditions que nous avons énoncées ci-dessus. Mais avant de signaler le résultat que nous avons obtenu dans cette voie, nous allons montrer comment nos formules conduisent aux équations connues, d'où dépend l'évaluation des fonctions $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3$ etc.

5. En admettant pour ζ l'expression (10), nous chercherons à satisfaire aux équations (2) et (3) indépendamment de la valeur de x .

En ce qui concerne l'équation (2), qui peut être présentée sous la forme

$$\int \zeta d\sigma = - \int \left(\zeta^2 + \frac{1}{3} \zeta^3 \right) d\sigma,$$

on en déduira ainsi les équations suivantes:

$$(14) \quad \int \zeta_1 d\sigma = 0,$$

$$\int \zeta_2 d\sigma = - \int \zeta_1^2 d\sigma,$$

et en général

$$(15) \quad \int \zeta_n d\sigma = - \text{coeff. de } x^n \text{ dans } \int \left(\zeta^2 + \frac{1}{3} \zeta^3 \right) d\sigma,$$

où le second membre ne dépend que des fonctions

$$\zeta_1, \quad \zeta_2, \quad \dots, \quad \zeta_{n-1}.$$

En passant ensuite à l'équation (3), nous devons commencer par développer U suivant les puissances de x .

Reportons-nous à la formule (7).

Nous avons vu que U_0 ne dépend que de a . Nous pouvons donc le laisser de côté.

En ce qui concerne U_1 , la formule (8) donne

$$U_1 = -\frac{4\pi}{a} \zeta \int_0^a \rho a^2 da + \int_0^A \rho' da' \frac{\partial}{\partial a'} \int \frac{a'^3 \zeta' d\sigma'}{D}.$$

Donc, si l'on pose pour abréger

$$\zeta_n \int_0^a \rho a^2 da - \frac{a}{4\pi} \int_0^A \rho' da' \frac{\partial}{\partial a'} \int \frac{a'^3 \zeta'_n d\sigma'}{D} = Z_n,$$

il viendra

$$\frac{a}{4\pi} U_1 = -Z_1 x - Z_2 x^2 - Z_3 x^3 - \dots$$

Quant aux autres termes de la formule (7), nous poserons

$$U - U_1 - U_0 = \frac{4\pi}{a} (V_2 x^2 + V_3 x^3 + \dots),$$

de sorte que nous aurons, en vertu de (12),

$$(16) \quad \frac{4\pi}{a} V_n = U_{n,0} + U_{n-1,1} + \dots + U_{2,n-2}.$$

De cette manière nous obtiendrons ce développement:

$$\frac{a}{4\pi} U = -Z_1 x + (V_2 - Z_2) x^2 + (V_3 - Z_3) x^3 + \dots + \text{fonction de } a.$$

Développons ensuite suivant les puissances de x la fonction $(1 + \zeta)^2$ et posons

$$x(1 + \zeta)^2 \sin^2 \theta = \Omega_1 x + \Omega_2 x^2 + \dots,$$

de sorte qu'il viendra

$$\begin{aligned}\Omega_1 &= \sin^2 \theta, \\ \Omega_2 &= 2\zeta_1 \sin^2 \theta, \\ \Omega_3 &= (\zeta_1^2 + 2\zeta_2) \sin^2 \theta,\end{aligned}$$

et ainsi de suite.

En vertu de ces formules, l'équation (3) deviendra

$$\begin{aligned}-Z_1 x + (V_2 - Z_2)x^2 + (V_3 - Z_3)x^3 + \dots \\ + Na^3(\Omega_1 x + \Omega_2 x^2 + \Omega_3 x^3 + \dots) = \text{fonction de } a,\end{aligned}$$

où N est une constante ayant la valeur

$$N = \frac{M}{8\pi A^3} = \frac{1}{2A^3} \int_0^A \rho a^2 da;$$

et, pour y satisfaire indépendamment de x , on posera

$$\begin{aligned}Z_1 &= Na^3 \Omega_1 + \text{fonction de } a, \\ Z_2 &= Na^3 \Omega_2 + V_2 + \text{fonction de } a\end{aligned}$$

et, en général,

$$(17) \quad Z_n = Na^3 \Omega_n + V_n + \text{fonction de } a.$$

Telles sont les équations qui doivent servir à déterminer successivement $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3, \dots$, avec les fonctions de a qui figurent aux seconds membres.

Pour en tirer les fonctions $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3, \dots$, qui seules nous intéressent, nous procéderons comme il suit.

Soit

$$Y_m(\theta, \psi) = Y_m$$

une fonction sphérique quelconque d'ordre m .

Le nombre m étant supposé différent de zéro, l'équation (17) donnera

$$\int Z_n Y_m d\sigma = Na^3 \int \Omega_n Y_m d\sigma + \int V_n Y_m d\sigma,$$

où les intégrations sont étendues à toute la surface de la sphère de rayon 1.

Or, en posant

$$\int \zeta_n Y_m d\sigma = z,$$

on a

$$\int Z_n Y_m d\sigma = z \int_0^a \rho a^2 da - \frac{a}{4\pi} \int_0^A \rho' da' \frac{\partial}{\partial a'} \int a'^3 \zeta'_n d\sigma' \int \frac{Y_m d\sigma}{D}$$

et, d'autre part, on sait que l'intégrale

$$\int \frac{Y_m(\theta, \psi) d\sigma}{D}$$

est égale: pour $a' < a$, à

$$\frac{4\pi}{2m+1} \frac{a'^m}{a^{m+1}} Y_m(\theta', \psi')$$

et, pour $a' > a$, à

$$\frac{4\pi}{2m+1} \frac{a^m}{a'^{m+1}} Y_m(\theta', \psi').$$

Donc il vient

$$\int Z_n Y_m d\sigma = z \int_0^a \rho a^2 da - \frac{a^{-m}}{2m+1} \int_0^a \rho \frac{d(a^{m+3} z)}{da} da - \frac{a^{m+1}}{2m+1} \int_a^A \rho \frac{d(a^{2-m} z)}{da} da,$$

et, en posant

$$W = N \int \Omega_n Y_m d\sigma + \frac{1}{a^3} \int V_n Y_m d\sigma,$$

nous obtenons cette équation:

$$(18) \quad z \int_0^a \rho a^2 da - \frac{a^{-m}}{2m+1} \int_0^a \rho \frac{d(a^{m+3} z)}{da} da - \frac{a^{m+1}}{2m+1} \int_a^A \rho \frac{d(a^{2-m} z)}{da} da = Wa^3.$$

Si nous convenons de prendre $V_1 = 0$, nous pourrions donner ici à n toutes les valeurs à partir de $n = 1$.

Pour cette dernière valeur de n , le second membre de l'équation (18) sera une fonction connue de a , et la même chose aura lieu pour $n > 1$, si l'on connaît déjà les fonctions

$$\zeta_1, \quad \zeta_2, \quad \dots, \quad \zeta_{n-1},$$

car c'est seulement de ces $n - 1$ fonctions que dépendront Ω_n et V_n .

Donc, si l'on a déjà déterminé les fonctions $\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_{n-1}$, et que l'on sache résoudre l'équation (18), on pourra calculer la valeur de l'intégrale

$$(19) \quad \int \zeta_n Y_m d\sigma$$

toutes les fois que m est différent de zéro.

Quant à $m = 0$, l'équation (18) n'aura plus lieu. Mais dans ce cas cette intégrale se réduit à celle-ci

$$\int \zeta_n d\sigma,$$

multipliée par une constante, et l'on calculera sa valeur par la formule (15).

Ainsi on connaîtra la valeur de l'intégrale (19) pour toute fonction sphérique Y_m .

Si donc ζ_n est développable en une série procédant suivant les fonctions sphériques, on connaîtra son développement; et nous verrons tout de suite que ce développement ne contiendra qu'un nombre limité de termes.

C'est ainsi qu'on calculera successivement $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3 \dots$.

6. Considérons de plus près l'équation (18).

Supposons d'abord $n = 1$.

Dans ce cas, nous aurons

$$W = N \int Y_m \sin^2 \theta d\sigma,$$

et comme on a

$$\sin^2 \theta = \frac{2}{3} [1 - P_2(\cos \theta)],$$

$P_2(\cos \theta)$ étant le polynôme de Legendre du deuxième ordre à l'argument $\cos \theta$, W sera égal à zéro toutes les fois que, m étant différent de zéro, la fonction Y_m ne se réduit pas à $P_2(\cos \theta)$ multiplié par une constante. D'ailleurs, pour

$$Y_m = P_2(\cos \theta),$$

il viendra

$$W = -\frac{8\pi}{15} N = -\frac{M}{15A^3}.$$

Donc, dans ce dernier cas, l'équation (18) se réduira à

$$(20) \quad z \int_0^a \rho a^2 da - \frac{a^{-2}}{5} \int_0^a \rho \frac{da^5 z}{da} da - \frac{a^3}{5} \int_a^A \rho \frac{dz}{da} da = -\frac{M}{15A^3} a^3$$

et, dans tous les autres cas, elle deviendra

$$(21) \quad z \int_0^a \rho a^2 da - \frac{a^{-m}}{2m+1} \int_0^a \rho \frac{da^{m+3} z}{da} da - \frac{a^{m+1}}{2m+1} \int_a^A \rho \frac{da^{2-m} z}{da} da = 0.$$

L'équation (20), qui, sauf un facteur constant au second membre, n'est autre chose que l'équation de Clairaut, a été l'objet de nombreuses recherches, par lesquelles on sait que,

sous certaines conditions, elle admet une solution z , continue avec la dérivée $\frac{dz}{da}$, pour toutes les valeurs de a dans l'intervalle $(0, A)$, et que d'ailleurs elle n'admet qu'une seule solution assujettie à la condition d'être finie pour $a = 0$.

Dans ces recherches, on suppose que ρ est une fonction décroissante de a . Mais, outre cela, on fait encore certaines suppositions à l'égard de la forme analytique de cette fonction.

Or j'ai reconnu que ces dernières suppositions sont inutiles, et que l'existence d'une solution de l'équation (20) peut être établie en supposant seulement que ρ décroisse toujours, quand a croît, et reste fini pour $a = 0$. D'ailleurs, cette supposition suffit pour établir que l'équation considérée ne peut admettre qu'une seule solution, ainsi que pour exprimer cette solution par une certaine série.

J'ajouterai que, dans cette solution, z sera toujours continu, tandis que sa dérivée $\frac{dz}{da}$ sera continue, sauf, peut-être, pour $a = 0$, lorsqu'elle pourra devenir infinie, mais cela de telle manière que $a \frac{dz}{da}$ tendra vers zéro pour $a = 0$.

Dans la même supposition à l'égard de ρ , on peut aussi établir que l'équation (21), pour $m > 1$, ne peut être satisfaite qu'en posant $z = 0$.

Quant au cas de $m = 1$, on satisfera, évidemment, à cette équation en prenant

$$z = \frac{C}{a},$$

C étant une constante arbitraire, et l'on peut établir que cette formule embrasse toutes ses solutions. Donc, si l'on suppose seulement que az doit tendre vers zéro pour $a = 0$, on devra prendre encore $z = 0$.

Nous ne nous arrêterons pas ici à la démonstration de ces résultats, que nous nous proposons de développer dans un autre Mémoire. Quant à présent, nous nous bornerons à signaler des conséquences qui en résultent en ce qui concerne ζ_1 .

On voit que, si l'on suppose que $a\zeta_1$ tende vers zéro pour $a = 0$, il viendra

$$\int \zeta_1 Y_m d\sigma = 0$$

toutes les fois que, m étant différent de zéro, la fonction Y_m ne se réduit pas à $P_2(\cos \theta)$ multiplié par une constante, et la même chose aura lieu pour $m = 0$, en vertu de l'égalité (14).

Il en résulte qu'on satisfera aux équations que doit vérifier ζ_1 en prenant

$$\zeta_1 = \gamma P_2(\cos \theta),$$

γ étant une fonction de a , qui sera parfaitement déterminée, et qui sera continue, avec la dérivée $\frac{d\gamma}{da}$, pour toutes les valeurs de a dans l'intervalle $(0, A)$.

Mais il y a plus: on ne pourra avoir aucune autre solution, si l'on suppose seulement que ζ_1 , comme fonction des coordonnées sphériques, doit être continue sur la surface de la sphère de rayon 1.

En effet, s'il existait encore une autre solution continue (que nous supposerons réelle), la différence de cette solution et de la précédente représenterait une certaine fonction continue $F(\theta, \psi)$, pour laquelle on aurait

$$(22) \quad \int F Y_m d\sigma = 0,$$

quelle que soit la fonction sphérique Y_m .

Or, pour toute fonction F qui a une valeur déterminée en tout point de la surface de la sphère et qui est continue, on a *)

$$\int F^2 d\sigma = \sum_{m=0}^{\infty} \int Q_m^2 d\sigma$$

où

$$Q_m = \frac{2m+1}{4\pi} \int F(\theta', \psi') P_m(\cos \varphi) d\sigma',$$

$P_m(\cos \varphi)$ étant le polynôme de Legendre d'ordre m , à l'argument

$$\cos \varphi = \cos \theta \cos \theta' + \sin \theta \sin \theta' \cos(\psi - \psi').$$

Donc, tous les Q_m étant égaux à zéro en vertu de (22), on aura

$$\int F^2 d\sigma = 0,$$

ce qui fait voir que la fonction continue F ne peut être qu'identiquement nulle.

7. Considérons maintenant le cas de $n > 1$.

Supposons qu'on ait déjà calculé

$$\zeta_1, \quad \zeta_2, \quad \dots, \quad \zeta_{n-1}$$

et qu'on ait obtenu, pour ces fonctions, des expressions de la forme

$$\zeta_i = \gamma_{i,0} + \gamma_{i,1} P_2(\cos \theta) + \gamma_{i,2} P_4(\cos \theta) + \dots + \gamma_{i,i} P_{2i}(\cos \theta),$$

*) On peut remarquer que cette formule est valable dans le cas plus général, où l'on suppose seulement que F est une fonction *intégrable* sur la surface de la sphère. J'ai établi cette proposition il y a sept ans, mais je ne l'ai pas publiée, en me contentant de la faire connaître à la Société Mathématique de Kharkow. Depuis M. Stekloff a donné à la proposition une grande extension, en considérant, au lieu des fonctions sphériques, des fonctions analogues, qui se présentent dans des recherches générales sur les problèmes de la Physique Mathématique.

où tous les γ sont des fonctions de a , continues avec les dérivées

$$\frac{da\gamma_{i,0}}{da}, \quad \frac{da\gamma_{i,1}}{da}, \quad \dots, \quad \frac{da\gamma_{i,i}}{da}$$

pour toutes les valeurs de a dans l'intervalle $(0, A)$.

Voyons ce que deviendra W dans l'équation (18).

Tout d'abord il est facile de voir que Ω_n et V_n seront des fonctions entières de $\cos^2 \theta$ dont le degré ne surpassera pas n .

En ce qui concerne Ω_n , cela résulte immédiatement de l'égalité

$$(1 + \zeta_1 x + \zeta_2 x^2 + \dots)^2 \sin^2 \theta = \Omega_1 + \Omega_2 x + \Omega_3 x^2 + \dots,$$

si l'on tient compte des expressions ci-dessus des ζ_i .

Quant à V_n , nous remarquons qu'en vertu de la formule (16) c'est le coefficient de x^n dans le développement de l'expression

$$\frac{a}{4\pi} (U_2 + U_3 + \dots),$$

laquelle, en vertu de la formule (8), peut être présentée sous la forme

$$\frac{\zeta^2}{1 + \zeta} \int_0^a \rho a^2 da + \frac{a}{4\pi} \int_0^A \rho' \left(\frac{\partial T_2}{\partial a'} + \frac{\partial T_3}{\partial a'} + \dots \right) da'.$$

Or le coefficient de x^n dans le développement de

$$\frac{\zeta^2}{1 + \zeta}$$

sera, évidemment, une fonction entière de $\cos^2 \theta$ de degré au plus égal à n ; et l'on peut montrer que la même chose aura lieu pour T_2, T_3, \dots .

En effet, par l'expression de T_n que nous avons donnée au n° 3, on voit que, pour ce but, il suffit de considérer des expressions telles que

$$(23) \quad \zeta^i \int \frac{\zeta^{j+1} d\sigma'}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \varphi}},$$

où i et j sont des entiers positifs ou nuls, dont la somme ne s'abaisse pas au-dessous de 1.

Or, pour une pareille expression, le coefficient de x^n sera une somme de termes de la forme

$$(24) \quad C \zeta_1^\alpha \zeta_2^\beta \dots \zeta_{n-1}^\delta \int \frac{(\zeta'_1)^{\alpha'} (\zeta'_2)^{\beta'} \dots (\zeta'_{n-1})^{\delta'} d\sigma'}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \varphi}},$$

où C est une constante et $\alpha, \beta, \dots, \delta, \alpha', \beta', \dots, \delta'$ des entiers positifs ou nuls, vérifiant l'égalité

$$\alpha + \alpha' + 2(\beta + \beta') + \dots + (n-1)(\delta + \delta') = n.$$

D'autre part, si l'on pose

$$\alpha + 2\beta + \dots + (n-1)\delta = s,$$

$$\alpha' + 2\beta' + \dots + (n-1)\delta' = s',$$

l'expression

$$\zeta_1^\alpha \zeta_2^\beta \dots \zeta_{n-1}^\delta$$

sera une fonction entière de $\cos^2 \theta$ de degré au plus égal à s , et

$$\zeta_1^{\alpha'} \zeta_2^{\beta'} \dots \zeta_{n-1}^{\delta'}$$

une fonction entière de $\cos^2 \theta'$ de degré au plus égal à s' .

On sait d'ailleurs que, $f(x)$ étant une fonction entière de x , l'intégrale

$$\int \frac{f(\cos^2 \theta') d\sigma'}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \varphi}}$$

sera une fonction entière de $\cos^2 \theta$ du même degré.

Donc l'expression (24) sera une fonction entière de $\cos^2 \theta$ de degré au plus égal à

$$s + s' = n,$$

et le coefficient de x^n dans le développement de l'expression (23) sera, par suite, dans le même cas.

Il en résulte, ainsi que nous l'avons affirmé, que le coefficient de x^n pour T_2, T_3, \dots et, par suite, V_n seront des fonctions entières de $\cos^2 \theta$ de degré au plus égal à n .

Cela posé, la formule

$$W = N \int \Omega_n Y_m d\sigma + \frac{1}{a^3} \int V_n Y_m d\sigma$$

fait voir que W sera égal à zéro toutes les fois que Y_m , m étant différent de zéro, ne se réduit pas à une des fonctions

$$P_2(\cos \theta), \quad P_4(\cos \theta), \quad \dots, \quad P_{2n}(\cos \theta),$$

multipliée par une constante.

Donc, d'après ce que nous avons dit au numéro précédent, si l'on suppose que $a\zeta_n$ doit tendre vers zéro pour $a = 0$, on aura

$$\int \zeta_n Y_m d\sigma = 0$$

toutes les fois que, m étant différent de zéro, Y_m ne se réduit pas à la forme que nous venons d'indiquer.

Supposons donc que $Y_m = P_m(\cos \theta)$, m étant un nombre paire, ne surpassant pas $2n$.

On aura ainsi à considérer l'intégrale

$$(25) \quad \int \zeta_n P_m(\cos \theta) d\sigma,$$

dont la valeur, pour $m = 0$, sera donnée immédiatement par la formule (15) et, pour $m > 0$, devra être tirée de l'équation (18), où W sera une fonction connue de a .

En ce qui concerne cette fonction, on peut établir, et nous le ferons au numéro suivant, que, dans les conditions où nous nous sommes placé, cette fonction elle-même, ainsi que la dérivée $\frac{daW}{da}$, seront continues pour toutes les valeurs de a dans l'intervalle $(0, A)$.

Or, à cette condition, on peut montrer, ce que nous remettrons à un autre Mémoire, que l'équation (18) admet une solution, pour laquelle z et $\frac{daz}{da}$ seront continues pour toutes les valeurs de a dans l'intervalle $(0, A)$. Cette solution sera d'ailleurs unique, comme cela résulte de ce que nous avons dit au numéro précédent à l'égard de l'équation (21).

Ainsi la valeur de l'intégrale (25) sera parfaitement déterminée pour toutes les valeurs de m .

De là on voit qu'on pourra satisfaire aux équations (15) et (17), en posant

$$\zeta_n = \gamma_{n,0} + \gamma_{n,1} P_2(\cos \theta) + \gamma_{n,2} P_4(\cos \theta) + \dots + \gamma_{n,n} P_{2n}(\cos \theta),$$

les γ étant des fonctions de a , et que ces fonctions ne contiendront rien d'arbitraire et seront continues, avec les dérivées

$$\frac{da\gamma_{n,0}}{da}, \quad \frac{da\gamma_{n,1}}{da}, \quad \dots, \quad \frac{da\gamma_{n,n}}{da},$$

dans l'intervalle $(0, A)$ tout entier.

D'ailleurs, d'après ce que nous avons montré plus haut, cette formule donnera la seule solution possible, si l'on suppose que ζ_n , comme fonction des coordonnées sphériques, doit être continue.

Ainsi on parvient, pour ζ_n , à une expression de la même forme que celles que nous avons admises pour

$$\zeta_1, \quad \zeta_2, \quad \dots, \quad \zeta_{n-1}.$$

Par suite, ζ_1 étant de cette forme, ζ_n le sera encore pour toutes les valeurs de n , et les fonctions $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3, \dots$ seront parfaitement déterminées, si on les assujettit seulement à ces deux conditions: 1) que $a\zeta_1, a\zeta_2, \dots$ tendent vers zéro pour $a = 0$ et 2) que ce soient des fonctions continues des coordonnées sphériques.

Si la série (10) doit être uniformément convergente dans toute la masse fluide, il n'y a pas à parler de la première de ces deux conditions, et quant à la deuxième, elle se réduit à ce que ζ doit être une fonction continue des coordonnées sphériques pour toutes les valeurs assez petites du paramètre x .

8. En admettant, à l'égard des fonctions

$$\zeta_1, \quad \zeta_2, \quad \dots, \quad \zeta_{n-1},$$

les suppositions que nous avons énoncées au numéro précédent, nous allons maintenant montrer que W et $\frac{daW}{da}$, ainsi que nous l'avons affirmé, seront des fonctions continues de a dans l'intervalle $(0, A)$ tout entier.

Nous avons

$$W = N \int \Omega_n Y_m d\sigma + \frac{1}{a^3} \int V_n Y_m d\sigma,$$

et le premier terme de cette formule a, évidemment, la propriété que nous voulons établir pour W . Il ne reste donc à considérer que le second terme.

Or, d'après ce que nous avons vu au numéro précédent, la quantité

$$\frac{1}{a^3} \int V_n Y_m d\sigma,$$

que nous désignerons par W_1 , est le coefficient de x^n dans le développement de l'expression

$$\frac{1}{a^3} \int_0^a \rho a^2 da \cdot \int \frac{\zeta^2}{1+\zeta} Y_m d\sigma + \int_0^A \rho' \left(\frac{\partial J_2}{\partial a'} + \frac{\partial J_3}{\partial a'} + \dots \right) da',$$

où

$$J_k = \frac{1}{4\pi a^2} \int T_k Y_m d\sigma.$$

Quant à la dérivée $\frac{daW_1}{da}$, on a

$$\frac{daW_1}{da} = \frac{1}{a} \int \frac{\partial}{\partial a} \left(\frac{V_n}{a} \right) Y_m d\sigma - W_1,$$

et le premier terme est le coefficient de x^n dans le développement de

$$\frac{1}{4\pi a} \int \left(\frac{\partial U_2}{\partial a} + \frac{\partial U_3}{\partial a} + \dots \right) Y_m d\sigma,$$

ou bien, en vertu de la formule (9), le coefficient de x^n dans le développement de

$$\begin{aligned} & \frac{1}{a^3} \int_0^a \rho a^2 da \cdot \int \left(a \frac{\partial}{\partial a} \frac{\zeta^2}{1+\zeta} - \frac{\zeta^2}{1+\zeta} \right) Y_m d\sigma \\ & + 2 \int_0^A \rho' \left(\frac{\partial J_2}{\partial a'} + \frac{\partial J_3}{\partial a'} + \dots \right) da' + a \int_0^A \rho' \left(\frac{\partial^2 J_2}{\partial a \partial a'} + \frac{\partial^2 J_3}{\partial a \partial a'} + \dots \right) da'. \end{aligned}$$

On est ainsi conduit à considérer le coefficient de x^n dans le développement des expressions

$$\begin{aligned} & \frac{1}{a^3} \int_0^a \rho a^2 da \cdot \int \frac{\zeta^2}{1+\zeta} Y_m d\sigma, \quad \frac{1}{a^3} \int_0^a \rho a^2 da \cdot \int a \frac{\partial}{\partial a} \left(\frac{\zeta^2}{1+\zeta} \right) Y_m d\sigma, \\ & \int_0^A \rho' \frac{\partial J_k}{\partial a'} da', \quad a \int_0^A \rho' \frac{\partial^2 J_k}{\partial a \partial a'} da'. \end{aligned}$$

Or, pour les deux premières, ce coefficient est évidemment une fonction continue de a , car ρ est supposé fini pour $a = 0$. Quant aux deux dernières, on doit les considérer de plus près.

Tout d'abord nous remarquons que le coefficient dont il s'agit ne sera pas changé, si, dans l'évaluation de J_k (où l'on doit supposer $k > 1$), au lieu de l'expression exacte de ζ par une série infinie, on se sert de cette expression approchée

$$\zeta = \zeta_1 x + \zeta_2 x^2 + \dots + \zeta_{n-1} x^{n-1}.$$

Supposons donc que ζ soit donné par cette formule.

Alors toute puissance positive et entière de ζ sera exprimable par une suite finie de polynômes de Legendre d'ordres pairs.

Soit donc, i étant un entier positif,

$$\zeta^i = \sum_{(s)} \frac{4s+1}{4\pi} p_{i,s} P_{2s}(\cos \theta),$$

où l'on aura, comme on sait,

$$p_{i,s} = \int \zeta^i P_{2s}(\cos \theta) d\sigma,$$

et où la somme ne contiendra qu'un nombre limité de termes.

Cela posé, reportons-nous à l'expression de T_n donnée au n° 3.

Si l'on désigne par $p'_{i,s}$ ce que devient $p_{i,s}$, lorsqu'on y remplace a par a' , on aura

$$\int \frac{\zeta'^{j+1} b^2 d\sigma'}{\sqrt{a'^2 + b^2 - 2ab \cos \varphi}} = \sum_{(s)} \frac{4s+1}{4\pi} p'_{j+1,s} \int \frac{P_{2s}(\cos \theta') b^2 d\sigma'}{\sqrt{a'^2 + b^2 - 2ab \cos \varphi}},$$

et l'on sait que l'intégrale

$$\int \frac{P_{2s}(\cos \theta') b^2 d\sigma'}{\sqrt{a'^2 + b^2 - 2ab \cos \varphi}}$$

est égale: pour $b < a$, à

$$\frac{4\pi}{4s+1} \frac{b^{2s+2}}{a^{2s+1}} P_{2s}(\cos \theta)$$

et, pour $b > a$, à

$$\frac{4\pi}{4s+1} \frac{a^{2s}}{b^{2s-1}} P_{2s}(\cos \theta).$$

Donc l'expression

$$\frac{\partial^{i+j}}{\partial a^i \partial b^j} \int \frac{\zeta'^{j+1} b^2 d\sigma'}{\sqrt{a'^2 + b^2 - 2ab \cos \varphi}}$$

sera égale: pour $b < a$, à

$$\sum_{(s)} p'_{j+1,s} P_{2s}(\cos \theta) \frac{d^i a^{-2s-1}}{da^i} \frac{dj b^{2s+2}}{db^j}$$

et, pour $b > a$, à

$$\sum_{(s)} p'_{j+1,s} P_{2s}(\cos \theta) \frac{d^i a^{2s}}{da^i} \frac{dj b^{-2s+1}}{db^j}.$$

Par suite, en remarquant que toute expression, telle que

$$x^{i-\alpha} \frac{d^i x^\alpha}{dx^i},$$

est un nombre indépendant de x et en posant, pour abréger,

$$x^{i+j-1} \frac{d^i x^\alpha}{dx^i} \frac{dj x^{1-\alpha}}{dx^j} = (i, j, \alpha),$$

nous aurons: pour $a' < a$,

$$T_k = a^2 \sum_{(s)} \sum \frac{(i, j, -2s-1)}{i! (j+1)!} \zeta^i P_{2s}(\cos \theta) p'_{j+1,s} \left(\frac{a'}{a}\right)^{2s+3}$$

et, pour $a' > a$,

$$T_k = a^2 \sum_{(s)} \sum_{(i,j)} \frac{(i, j, 2s)}{i! (j+1)!} \zeta^i P_{2s}(\cos \theta) p'_{j+1,s} \left(\frac{a}{a'}\right)^{2s-2},$$

la nouvelle sommation s'étendant à toutes les valeurs, positives ou nulles, des entiers i et j vérifiant l'égalité $i + j = k - 1$.

De là, par la formule

$$J_k = \frac{1}{4\pi a^2} \int T_k Y_m d\sigma,$$

on déduira J_k et, si l'on pose

$$\frac{1}{4\pi} \int \zeta^i P_{2s}(\cos \theta) Y_m d\sigma = q_{i,s},$$

on obtiendra, pour l'intégrale

$$\int_0^A \rho' \frac{\partial J_k}{\partial a'} da',$$

cette expression

$$\begin{aligned} & \sum_{(s)} \sum_{(i,j)} \frac{(i, j, -2s-1)}{i! (j+1)!} q_{i,s} a^{-2s-3} \int_0^a \rho \frac{da^{2s+3} p_{j+1,s}}{da} da \\ & + \sum_{(s)} \sum_{(i,j)} \frac{(i, j, 2s)}{i! (j+1)!} q_{i,s} a^{2s-2} \int_a^A \rho \frac{da^{2-2s} p_{j+1,s}}{da} da. \end{aligned}$$

De même, pour l'intégrale

$$a \int_0^A \rho' \frac{\partial^2 J_k}{\partial a \partial a'} da',$$

on aura

$$\begin{aligned} & \sum_{(s)} \sum_{(i,j)} \frac{(i, j, -2s-1)}{i! (j+1)!} a \frac{da^{-2s-3} q_{i,s}}{da} \int_0^a \rho \frac{da^{2s+3} p_{j+1,s}}{da} da \\ & + \sum_{(s)} \sum_{(i,j)} \frac{(i, j, 2s)}{i! (j+1)!} a \frac{da^{2s-2} q_{i,s}}{da} \int_a^A \rho \frac{da^{2-2s} p_{j+1,s}}{da} da. \end{aligned}$$

Par ces formules, on voit tout de suite que les intégrales en question, ainsi que les coefficients dans leurs développements suivant les puissances de x , sont continus, si a est différent de zéro. D'ailleurs on voit que les termes de la première ligne, dans chacune des deux formules, tendent pour $a = 0$ vers des limites déterminées, et que la même chose a lieu pour ceux-là des termes de la deuxième ligne qui correspondent à $s > 1$.

Il ne reste donc à considérer, dans chacune de ces formules, que les termes de la deuxième ligne, pour lesquels $s = 0$ ou $s = 1$.

Or, pour $s = 0$, le nombre $(i, j, 2s)$ se réduit à zéro toutes les fois que i est différent de zéro, et, si on a simultanément $s = 0$ et $i = 0$, la quantité $q_{i,s}$ se réduit à zéro, car on a

$$q_{0,0} = \frac{1}{4\pi} \int Y_m d\sigma,$$

et le nombre m est supposé différent de zéro.

Donc la deuxième ligne ne contiendra point de termes correspondant à $s = 0$.

Quant aux termes, pour lesquels $s = 1$, on voit qu'ils tendront, pour $a = 0$, vers des limites déterminées toutes les fois que cela a lieu pour les intégrales de la forme

$$\int_a^A \rho \frac{dp_{j+1,1}}{da} da.$$

Or il est facile de s'assurer que cette intégrale aura une limite pour $a = 0$, si ρ , ainsi que nous le supposons, est une fonction décroissante de a , admettant, dans l'intervalle $(0, A)$, une limite supérieure.

En effet, posons

$$\rho = \varphi(a), \quad p_{j+1,1} = f(a)$$

et désignons: par a_1 un nombre quelconque de l'intervalle (a, A) , autre que a , et par α un certain nombre intermédiaire entre a et a_1 . Alors, d'après un théorème connu, $\varphi(a)$ variant toujours dans le même sens, nous aurons

$$\int_a^{a_1} \varphi(a) f'(a) da = \varphi(a+0) [f(\alpha) - f(a)] + \varphi(a_1-0) [f(a_1) - f(\alpha)],$$

où $\varphi(a+0)$ et $\varphi(a_1-0)$ désignent, comme à l'ordinaire, les limites vers lesquelles tend la fonction $\varphi(x)$, quand x , tout en restant dans l'intervalle (a, a_1) , tend vers a ou vers a_1 .*)

De là, $f(a)$ étant une fonction continue dans l'intervalle $(0, A)$ et $\varphi(a+0)$, $\varphi(a_1-0)$ admettant une limite supérieure, il résulte que, pour tout nombre positif η , quelque petit qu'il soit, on pourra assigner un nombre positif ε , tel qu'on aura

$$\left| \int_a^{a_1} \varphi(a) f'(a) da \right| < \eta,$$

quelque petit que soit a , dès que $a < a_1 < \varepsilon$; et cela prouve notre assertion.

Ainsi l'on voit que W et $\frac{daW}{da}$, tout en étant continus tant que $a > 0$, tendront, pour $a = 0$, vers des limites déterminées. C'est ce qu'il fallait établir.

*) L'existence de ces limites est assurée par la supposition que la fonction $\varphi(x)$ varie toujours dans le même sens.

9. Nous allons maintenant énoncer le résultat que nous avons obtenu en examinant la convergence des séries

$$\zeta_1 x + \zeta_2 x^2 + \zeta_3 x^3 + \dots,$$

$$\frac{\partial \zeta_1}{\partial a} x + \frac{\partial \zeta_2}{\partial a} x^2 + \frac{\partial \zeta_3}{\partial a} x^3 + \dots,$$

$$\frac{\partial \zeta_1}{\partial \mu} x + \frac{\partial \zeta_2}{\partial \mu} x^2 + \frac{\partial \zeta_3}{\partial \mu} x^3 + \dots$$

En faisant, pour abréger,

$$g + h = \lambda,$$

et en posant

$$F(l, g, h) = \frac{(1+l)^3(1+l+g)(1+l+\frac{4}{5}g)}{(1-2l-2\lambda-l^2-\lambda^2)^{\frac{3}{2}}} - 1 - 8l - 3\lambda - \frac{9}{5}g,$$

$$\Phi(l, g, h) = \frac{(1+l)^3(1+h)(1+l+\frac{4}{5}g)}{(1-2l-2\lambda-l^2-\lambda^2)^{\frac{3}{2}}} - 1 - 7l - 3\lambda - \frac{4}{5}g - h,$$

nous entendrons par l, g, h les fonctions de x définies par ces équations algébriques

$$(26) \quad \begin{cases} l = \frac{5}{6}(1+l)(1+l+2g)x + l^2 + \frac{1}{3}l^3 + \frac{5}{3}F(l, g, h), \\ g = \frac{3}{2}\left(l - l^2 - \frac{1}{3}l^3\right), \\ h = \frac{10}{3}g - \frac{17}{6}x + 2(l+h+lh)x + (2+l)lh + 2\Phi(l, g, h), \end{cases}$$

avec la condition de s'annuler pour $x = 0$.

Si l'on tient compte de ce que le développement des fonctions F et Φ suivant les puissances ascendantes de l, g, h commence par les termes de la deuxième dimension, on parvient tout de suite à la conclusion que les fonctions l, g, h ainsi définies seront développables suivant les puissances de x , tant que x est inférieur à une certaine limite.

Soient donc

$$(27) \quad \begin{cases} l = l_1 x + l_2 x^2 + l_3 x^3 + \dots, \\ g = g_1 x + g_2 x^2 + g_3 x^3 + \dots, \\ h = h_1 x + h_2 x^2 + h_3 x^3 + \dots \end{cases}$$

ces développements.

Alors tous les l_i , g_i , h_i seront positifs, et nous aurons

$$|\zeta_i| < l_i, \quad \left| \frac{\partial \zeta_i}{\partial a} \right| < h_i, \quad \left| \frac{\partial \zeta_i}{\partial \mu^2} \right| < g_i,$$

quel que soit i , pour toutes les valeurs de a dans l'intervalle $(0, A)$ et pour toutes les valeurs de μ^2 dans l'intervalle $(0, 1)$, et cela quelle que soit la fonction décroissante de a , par laquelle s'exprime la densité ρ .

Ainsi, toutes les fois que les séries (27) sont convergentes, les séries

$$(28) \quad \begin{cases} \zeta_1 x + \zeta_2 x^2 + \zeta_3 x^3 + \dots, \\ \frac{\partial \zeta_1}{\partial a} x + \frac{\partial \zeta_2}{\partial a} x^2 + \frac{\partial \zeta_3}{\partial a} x^3 + \dots, \\ \frac{\partial \zeta_1}{\partial \mu^2} x + \frac{\partial \zeta_2}{\partial \mu^2} x^2 + \frac{\partial \zeta_3}{\partial \mu^2} x^3 + \dots \end{cases}$$

seront absolument et uniformément convergentes dans toute la masse fluide, et nous aurons

$$\zeta = \zeta_1 x + \zeta_2 x^2 + \zeta_3 x^3 + \dots,$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial a} = \frac{\partial \zeta_1}{\partial a} x + \frac{\partial \zeta_2}{\partial a} x^2 + \frac{\partial \zeta_3}{\partial a} x^3 + \dots,$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial \mu} = \frac{\partial \zeta_1}{\partial \mu} x + \frac{\partial \zeta_2}{\partial \mu} x^2 + \frac{\partial \zeta_3}{\partial \mu} x^3 + \dots.$$

Quant à la limite supérieure des valeurs de x pour lesquelles les séries (27) seront convergentes, elle est égale à la plus petite racine positive d'une certaine équation algébrique en x que l'on pourra former comme il suit.

On fera passer, dans les équations (26), tous les termes à gauche. Puis, ces équations étant représentées par

$$f = 0, \quad \varphi = 0, \quad \psi = 0,$$

on formera des trois fonctions f , φ , ψ le déterminant fonctionnel par rapport à l , g , h . En égalant ce déterminant à zéro, on obtiendra une nouvelle équation, et l'élimination de l , g , h entre les quatre équations ainsi obtenues conduira à l'équation cherchée en x .

Si l'on désigne la plus petite racine positive de cette équation par x_0 , les séries (27) seront convergentes, si $x \leq x_0$, et ne le seront pas, si $x > x_0$.

Quant aux séries (28), elles seront, sans doute, convergentes pour des valeurs de x de beaucoup supérieures à x_0 , et l'on peut seulement affirmer qu'elles ne pourront conserver la convergence quelque grand que soit x .

10. Pour avoir une idée sur ce qu'on peut tirer du résultat précédent pour la Mécanique Céleste, nous allons chercher, pour le nombre x_0 , une limite supérieure et une limite inférieure, sans nous préoccuper, du reste, de la précision, qui serait ici inutile.

Pour obtenir une limite supérieure de x_0 , nous procéderons ainsi.

Prenons la première des équations (26) et rejetons y tous les termes au-delà de la deuxième dimension par rapport à l, g, h, x . Puis, dans l'équation

$$l = \frac{5}{6}x + \frac{5}{3}(l + g)x + \frac{173}{3}l^2 + \frac{76}{3}g^2 + 15h^2 + 39gh + 50hl + 71lg,$$

à laquelle elle se réduira ainsi, remplaçons g et h par les premiers termes de leurs développements:

$$g = \frac{5}{4}x + \dots, \quad h = \frac{4}{3}x + \dots$$

Nous parviendrons ainsi à cette équation du second degré

$$l = \frac{5}{6}x + \frac{400}{3}x^2 + \frac{5 \cdot 377}{12}xl + \frac{173}{3}l^2,$$

et si nous développons sa racine s'annulant pour $x = 0$ suivant les puissances de x , les coefficients de la série

$$(29) \quad \frac{5}{6}x + l'_2 x^2 + l'_3 x^3 + \dots$$

ainsi obtenue, qui seront tous positifs, vérifieront les inégalités

$$l'_2 < l_2, \quad l'_3 < l_3, \quad \dots$$

Donc la série

$$l_1 x + l_2 x^2 + l_3 x^3 + \dots$$

ne pourra être convergente que si la série (29) converge; et quant à cette dernière, elle ne pourra être convergente que si x ne surpasse pas la racine positive unique de l'équation

$$\left(1 - \frac{5 \cdot 377}{12}x\right)^2 - 4 \cdot \frac{173}{3} \left(\frac{5}{6}x + \frac{400}{3}x^2\right) = 0,$$

se réduisant à

$$1 - \frac{5 \cdot 1823}{18}x - \frac{25 \cdot 35023}{144}x^2 = 0.$$

Or on voit immédiatement que cette racine est inférieure au nombre

$$\frac{18}{5 \cdot 1823} < \frac{1}{500}.$$

On aura donc, à plus forte raison,

$$x_0 < \frac{1}{500}.$$

De là on voit que le résultat que nous avons énoncé est encore trop grossier pour qu'on puisse en tirer parti pour la théorie de la figure des planètes; car, par exemple, pour la Terre on a

$$x = \frac{1}{288},$$

et la plus petite valeur de x , qui se présente pour Mercure, est déjà égale à $\frac{1}{341}$.

Mais on peut tenter d'appliquer nos formules au cas du Soleil, pour lequel

$$x = \frac{1}{46900} *).$$

C'est ce que nous allons faire tout de suite.

11. Cherchons une limite inférieure pour x_0 .

Les équations (26) étant trop compliquées pour être traitées immédiatement, nous chercherons d'abord à les simplifier autant que possible, mais sans que les quantités l_i, g_i, h_i soient diminuées.

A cet effet nous remarquons que, d'après la troisième des équations (26), les coefficients du développement de l'expression

$$h - \frac{10}{3}g + \frac{17}{6}x$$

suivant les puissances de x , sont tous positifs.

Donc les coefficients du développement de g sont tous inférieurs à ceux du développement de

$$\frac{3}{10}h + \frac{17}{20}x.$$

D'autre part, si l'on remplace, dans le premier terme du second membre de la même équation, g par son expression

$$\frac{3}{2}l - \frac{3}{2}l^2 - \frac{1}{2}l^3,$$

et que l'on fasse attention à ce que les coefficients du développement de

$$2\Phi(l, g, h) - 5l^2 - \frac{5}{3}l^3$$

*) Ces nombres sont empruntés au *Traité de Mécanique Céleste* de Tisserand (voir le tome II, p. 205, où ce que nous entendons par x est désigné par φ).

suivant les puissances de l, g, h sont tous positifs, on pourra conclure que les coefficients du développement de

$$h = 5l + \frac{17}{6}x$$

suivant les puissances de x sont tous positifs.

Donc les coefficients du développement de l sont tous plus petits que ceux du développement de

$$\frac{1}{5}h + \frac{17}{30}x.$$

D'après cela, nous pouvons remplacer les équations (26) par celles-ci:

$$(30) \quad \begin{cases} l = \frac{1}{5}h + \frac{17}{30}x, \\ g = \frac{3}{10}h + \frac{17}{20}x, \end{cases}$$

$$\begin{aligned} h = & \frac{25}{6}(1+l)(1+l+2g)x - \frac{17}{6}x + 2(l+h+lh)x \\ & + (2+l)lh + \frac{25}{3}F(l, g, h) + 2\Phi(l, g, h), \end{aligned}$$

dont la dernière s'obtient en ajoutant les équations (26), membre à membre, après les avoir multipliées, la première, par 5, la deuxième, par $\frac{10}{3}$, la troisième, par 1. En posant

$$\Psi = \frac{25}{3}\left(l+g+lg+\frac{1}{2}l^2\right)x + 2(l+h+lh)x + (2+l)lh,$$

on la présentera sous la forme

$$(31) \quad h = \frac{4}{3}x + \frac{25}{3}F + 2\Phi + \Psi.$$

Substituons maintenant dans cette équation, au lieu de l et g , leurs expressions (30). Nous obtiendrons ainsi une équation qui ne contiendra que h et x , et où F, Φ, Ψ , étant développés suivant les puissances de h, x , ne contiendront point de termes au-dessous de la deuxième dimension.

Cela posé, pour simplifier encore notre problème, dût-il en résulter un détriment pour la précision, nous allons remplacer, dans l'équation (31), la quantité

$$(32) \quad \frac{25}{3}F + 2\Phi + \Psi$$

par une expression de la forme

$$L \left\{ \frac{1}{(1-\alpha x)(1-\beta h)} - 1 - \alpha x - \beta h \right\},$$

α , β , L étant des nombres positifs, choisis de telle manière que les coefficients du développement de cette expression suivant les puissances de h et x soient tous supérieurs à ceux du développement de la fonction (32).

A cet effet, on pourra prendre, pour α et β , tous nombres positifs tels que, pour

$$\alpha x = \beta h = 1,$$

l et g étant donnés par les formules (30), on ait

$$2l + 2(g + h) + l^2 + (g + h)^2 < 1.$$

Quant à L , on pourra lui attribuer toute valeur qui ne soit pas inférieure à la valeur de la fonction (32) pour

$$x = \frac{1}{\alpha}, \quad h = \frac{1}{\beta}.$$

Nous nous arrêterons à cette supposition:

$$\alpha = 16, \quad \beta = 12.$$

Cherchons donc des limites supérieures pour F , Φ , Ψ , en supposant que

$$x = \frac{1}{16}, \quad h = \frac{1}{12}.$$

Pour ces valeurs de x et h , on trouve

$$l = \frac{5}{96}, \quad g = \frac{5}{64}, \quad \lambda = g + h = \frac{31}{192},$$

ce qui donne

$$l < \frac{1}{19}, \quad \lambda < \frac{1}{6}$$

et, par suite,

$$2l + 2\lambda + l^2 + \lambda^2 < \frac{1}{2}.$$

On aura donc

$$(1 - 2l - 2\lambda - l^2 - \lambda^2)^{-\frac{3}{2}} < 2\sqrt{2} < \frac{17}{6}.$$

Puis on trouve

$$(1 + l)^3 < \frac{20}{19} \cdot \frac{19}{18} \cdot \frac{18}{17} = \frac{20}{17}, \quad l + g < \frac{2}{15}, \quad l + \frac{4}{5}g < \frac{2}{17},$$

et ensuite

$$F < \frac{38}{9} - 1 - \frac{25}{24} < 2 + \frac{3}{16},$$

$$\Phi < \frac{65 \cdot 19}{18 \cdot 17} - 1 - \frac{191}{192} < 2 + \frac{1}{24}.$$

Enfin, en remarquant que

$$l + g + lg + \frac{1}{2}l^2 < \frac{1}{7}, \quad l + h + lh < \frac{1}{7}, \quad (2 + l)lh < \frac{1}{96},$$

on a

$$\Psi < \frac{69}{48 \cdot 14} < \frac{5}{48}.$$

Il vient donc

$$\frac{25}{3}F + 2\Phi + \Psi < 22 + \frac{5}{12}.$$

Par suite, nous pouvons prendre

$$L = 22 + \frac{5}{12} = \frac{269}{12};$$

et en nous arrêtant à cette valeur, nous parviendrons à l'équation

$$h = \frac{4}{3}x + \frac{269}{12} \left\{ \frac{1}{(1 - 16x)(1 - 12h)} - 1 - 16x - 12h \right\}.$$

Posons maintenant

$$16x = x, \quad 12h = y.$$

Notre équation deviendra

$$y = x + 269 \left\{ \frac{1}{(1 - x)(1 - y)} - 1 - x - y \right\}$$

et se réduira à

$$270(1 - x)y^2 - (1 - x)(1 - 268x)y + x(1 + 268x) = 0.$$

Pour que la racine y de cette équation s'annulant pour $x = 0$ soit développable suivant les puissances de x , il faut et il suffit que x ne soit pas supérieur à la racine positive unique de l'équation

$$(1 - x)(1 - 268x)^2 - 4.270x(1 + 268x) = 0.$$

Or on s'assure facilement que cette racine se trouve entre les limites

$$\frac{1}{7.268} \quad \text{et} \quad \frac{1}{6.268}.$$

Donc, pour

$$x \leq \frac{1}{7.268},$$

le développement dont il s'agit sera certainement valable.

Il en résulte que le nombre

$$\frac{1}{7.16.268} = \frac{1}{30016}$$

est une limite inférieure pour x_0 , et que, pour

$$x \leq \frac{1}{30016},$$

les séries (27), ainsi que celles (28), seront sûrement convergentes.

Donc, dans le cas du Soleil, la convergence de nos séries est assurée.



THE
JOURNAL OF THE
ROYAL ANTHROPOLOGICAL INSTITUTE

Vol. 41, Part 1, 1911

THE
JOURNAL OF THE
ROYAL ANTHROPOLOGICAL INSTITUTE

Vol. 41, Part 1, 1911

13373

ЗАПИСКИ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.

MÉMOIRES
DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG.

VIII SÉRIE.

ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОТДѢЛЕНІЮ.

Томъ XIV. № 8.

CLASSE PHYSICO-MATHÉMATIQUE.

Volume XIV. № 8.

**КОНЦЕВЫЕ НЕРВНЫЕ АППАРАТЫ
ВЪ КОЖѢ ЧЕЛОВѢКА.**

Проф. А. С. Догеля.

СЪ 11-Ю ТАБЛИЦАМИ РИСУНКОВЪ.

(Доложено въ засѣданіи Физико-математическаго отдѣленія 5-го февраля 1903 г.).

С.-ПЕТЕРБУРГЪ. 1903. ST.-PÉTERSBOURG.

Продается у комиссіонеровъ Императорской
Академіи Наукъ:

И. И. Глазунова, М. Эггера и Комп. и К. Л. Риккера
въ С.-Петербургѣ,
И. П. Карбасникова въ С.-Петерб., Москвѣ, Варшавѣ
и Вильнѣ,
И. Я. Оглоблина въ С.-Петербургѣ и Кіевѣ,
М. В. Ключина въ Москвѣ,
Е. П. Распопова въ Одессѣ,
И. Киммеля въ Ригѣ,
Фоссъ (Г. Гассель) въ Лейпцигѣ,
Люзакъ и Комп. въ Лондонѣ.

Commissionnaires de l'Académie IMPÉRIALE des
Sciences:

J. Glasounof, M. Eggers & Cie. et C. Ricker à St.-Péters-
bourg,
N. Karbasnikof à St.-Pétersbourg, Moscou, Varsovie et
Vilna,
N. Oglobline à St. Pétersbourg et Kief,
M. Klukine à Moscou,
E. Raspopof à Odessa,
N. Kummel à Riga,
Voss' Sortiment (G. Haessel) à Leipsic,
Luzac & Cie. à Londres.

Цена: 2 р. 40 коп. — Prix: 6 Mk.

ЗАПИСКИ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.
MÉMOIRES
DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG.
VIII SÉRIE.

ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОТДѢЛЕНІЮ.

Томъ XIV. № 8.

CLASSE PHYSICO-MATHÉMATIQUE.

Volume XIV. № 8.

КОНЦЕВЫЕ НЕРВНЫЕ АППАРАТЫ
ВЪ КОЖѢ ЧЕЛОВѢКА.

Проф. А. С. Догеля.

СЪ 11-Ю ТАБЛИЦАМИ РИСУНКОВЪ.

(Доложено въ изсѣданіи Физико-математическаго отдѣленія 5-го февраля 1903 г.).

С.-ПЕТЕРБУРГЪ. 1903. ST.-PÉTERSBOURG.

Продается у комиссіонеровъ Императорской
Академіи Наукъ:

И. И. Глазунова, М. Эггера и Комп. и К. Л. Риккера
въ С.-Петербургѣ,
Н. П. Карбасникова въ С.-Петербур., Москвѣ, Варшавѣ
и Вильнѣ,
Н. Я. Оглоблина въ С.-Петербургѣ и Кіевѣ,
М. В. Ключкина въ Москвѣ,
Е. П. Распопова въ Одессѣ,
Н. Киммеля въ Ригѣ,
Фоссъ (Г. Гэссель) въ Лейпцигѣ,
Люзакъ и Комп. въ Лондонѣ.

Commissionnaires de l'Académie IMPÉRIALE des
Sciences:

J. Glasounof, M. Eggers & Cie. et C. Ricker à St.-Péters-
bourg,
N. Karbasnikof à St.-Pétersbourg, Moscou, Varsovie et
Vilna,
N. Oglobline à St. Pétersbourg et Kief,
M. Klukine à Moscou,
E. Raspopof à Odessa,
N. Kummel à Riga,
Voss' Sortiment (G. Haessel) à Leipsic,
Luzac & Cie. à Londres.

Цена: 2 р. 40 коп. — Prix: 6 Mk.

Напечатано по распоряженію Императорской Академіи Наукъ.

С.-Петербургъ, Декабрь 1903 г.

Непремѣнный Секретарь, Академикъ *Н. Дубровинъ*.

Типографія Императорской Академіи Наукъ. (Вас. Остр., 9 лин., № 12).

Нервные окончания въ различныхъ мѣстахъ кожи человѣка (въ кожѣ кончиковъ пальцевъ рукъ и ногъ, въ кожѣ подошвы и наружныхъ половыхъ органовъ и пр.) и млечныхъ за послѣднія десять лѣтъ много разъ подвергались изслѣдованію. Для изученія ихъ примѣнялись всѣ новые способы импрегнаціи нервовъ: метиленовая синь (А. Догель, Тимофеевъ и др.), способъ Golgi (А. Смирновъ) и видоизмѣненный Ruffini способъ золоченія Fischer'a (Ruffini, P. Sfamini). Примѣненіе этихъ способовъ, въ особенности окрашиваніе нервовъ метиленовою синью и хлористымъ золотомъ, дало возможность выяснитъ очень многое по отношенію къ нервнымъ аппаратамъ кожи, при чемъ изъ работъ послѣдняго времени по данному вопросу особеннаго вниманія заслуживаютъ работы А. Ruffini.

Ruffini¹⁾, на основаніи весьма тщательныхъ наблюденій, пришелъ къ тому выводу, что въ такъ называемые сосудистые сосочки кожи вступаютъ безмякотныя нервныя волокна, которыя частью происходятъ изъ подсосочковаго сплетенія (см. ниже) безмякотныхъ волоконъ, частью непосредственно изъ поверхностнаго сплетенія мякотныхъ волоконъ; послѣднія въ такомъ случаѣ теряютъ предварительно мякоть у основанія или внутри сосочковъ. Вступивъ въ сосочекъ въ количествѣ одного или нѣсколькихъ, описываемыя волокна дѣлятся на тонкія волокна, которыя или обвиваютъ верхушки сосудистыхъ петель и образуютъ «окончанія въ видѣ вѣнчиковъ» — «terminazione a coropscine», или же оканчиваются различной формы утолщеніями и древовидными развѣтвленіями. Цѣлый рядъ рисунковъ иллюстрируетъ описаніе этихъ особенныхъ нервныхъ окончаній, которыя Ruffini признаетъ за окончанія сосудодвигательныхъ нервовъ. Далѣе, по изслѣдованіямъ Ruffini, въ подсосочковомъ слоѣ кожи помѣщается густая «подсосочковая нервная сѣть» — «rete amielinica subpapillare», оплетающая кровеносные сосуды, расположенные въ означенномъ слоѣ. Она состоитъ изъ тонкихъ варикозныхъ нитей, оканчивающихся утолщеніями, при чемъ нѣкоторыя изъ нитей этой сѣти вступаютъ въ сосочки и образуютъ тамъ концевыя раз-

1) Sulla presenza di nuove forme di terminazioni nervose nello strato papillare e subpapillare della cute dell' uomo con un contributo allo studio della struttura dei corpuscoli del Meissner. Siena. 1898.

Зап. Физ.-Мат. Отд.

*

1) Le fibrille nervose ultraterminali nelle terminazioni nervose di senso e la teoria del neurone. Rivista di Patologia nervosa e mentale. Firenze. 1900.

вѣтвленія; Ruffini называетъ эти нити «*rami papillari della rete amielinica*». Описанная сѣть происходитъ изъ мякотныхъ нервныхъ волоконъ и, по своей функціи, должна быть признана, какъ полагаетъ Ruffini, за сѣть, аналогичную сосудодвигательнымъ нервамъ сосочковъ.

Такимъ образомъ, благодаря наблюденіямъ Ruffini, мы узнали, что въ кожѣ нѣтъ такихъ сосочковъ, которые были бы лишены нервовъ, и поэтому старое дѣленіе сосочковъ на нервные и сосудистые — въ настоящее время не имѣетъ смысла. Что касается способа окончаній нервовъ въ Мейсснеровыхъ тѣльцахъ, то Ruffini подтверждаетъ данныя, полученные мною съ помощью метиленовой сини. Кромѣ того, онъ указываетъ, что въ сосочкахъ имѣются еще особенные нервные аппараты, которымъ Ruffini даетъ названіе «сосочковыхъ кистей» — «*flocchetti papillari*». Нервные вѣточки, оканчивающіяся указанными «кисточками», отдѣляются или отъ волоконъ, идущихъ къ Мейсснеровымъ тѣльцамъ, или же непосредственно отъ поверхностнаго нервного сплетенія кожи и, по мнѣнію Ruffini, имѣютъ такую же функцію, какъ и тѣльца Мейсснера.

Резюмируя результаты своихъ прежнихъ и послѣднихъ наблюденій надъ окончаніями нервовъ въ кожѣ, Ruffini приходитъ къ слѣдующимъ заключеніямъ: а) нервные аппараты имѣются въ *subcutis*, въ подсосочковомъ и сосочковомъ слояхъ кожи и въ Мальпигиевомъ слоѣ; б) въ *str. reticulare* и *corneum* нѣтъ никакихъ нервныхъ окончаній; в) въ *subcutis* помѣщаются: концевые нервные аппараты Ruffini, тѣльца Golgi-Mazzoni и Пачини и переходныя формы между ними; д) наконецъ, въ подсосочковомъ и сосочковомъ слояхъ кожи находятся: тѣльца Мейсснера, подсосочковая сѣть изъ безмякотныхъ волоконъ, сосудодвигательные нервы сосочковъ и сосочковыя кисти.

Вскорѣ затѣмъ появилось нѣсколько работъ P. Sfaeni¹⁾, который изслѣдовалъ съ помощью хлористаго золота концевые нервные аппараты въ кожѣ пальцевъ и подошвы у собаки, кошки и обезьяны. У только что перечисленныхъ животныхъ Sfaeni нашелъ почти всѣ тѣ же формы нервныхъ окончаній, какія были описаны Ruffini въ кожѣ человека, и, такимъ образомъ, обобщилъ данныя, полученные Ruffini. Нервные аппараты Ruffini находятся, по наблюденіямъ Sfaeni, въ значительномъ количествѣ въ *subcutis*, при чемъ развѣтвленія нервовъ въ нихъ помѣщаются въ особомъ мелкозернистомъ веществѣ, въ которомъ иногда можно замѣтить присутствіе большихъ ядеръ. Въ этомъ же слоѣ имѣются также и Пачиніевы тѣльца, но у собаки они встрѣчаются въ весьма ограниченномъ количествѣ.

Въ сосочкахъ помѣщаются концевыя колбы Krause (у кошки и собаки) и тѣльца Мейсснера (у обезьяны), сосочковыя кисти и др. аппараты, описанные Ruffini. Что касается подсосочковаго слоя, то въ немъ находится нервная сѣть, отъ которой отдѣляются

1) Le terminazioni nervose delle papille cutanee e delle strato subpapillare nella regione plantare e nei polpastrelli del Cane, del Gatto e della Scimmia Torino. 1900.

Gli organi nervosi terminali del Ruffini ed i corpuscoli del Pacini studiati nelle piante e nei polpastrelli del Cane, Gatto e della Scimmia. Torino. 1900.

вѣточки въ сосочки, гдѣ онѣ идутъ на образованіе внутрисосочковыхъ сѣтей и сосочковыхъ кистей. Подтверждая и частью дополняя наблюденія Ruffini надъ окончаніями нервовъ въ кожѣ человѣка, Sfaeni существенно расходится съ нимъ въ объясненіи физиологической роли тѣхъ нервныхъ окончаній въ сосочкахъ и подсосочковомъ слоѣ, которыя Ruffini признаетъ за сосудодвигательные нервы. По мнѣнію Sfaeni, указанныя окончанія не имѣютъ никакого отношенія къ кровеноснымъ сосудамъ и должны быть причислены къ чувствующимъ нервнымъ аппаратамъ сосочковъ и подсосочковаго слоя кожи.

Приведенными работами Ruffini и Sfaeni, собственно говоря, исчерпывается все то самое существенное, что было получено въ послѣднее время по отношенію къ интересующему меня вопросу объ окончаніяхъ нервовъ въ кожѣ. Я не касаюсь здѣсь недавно появившейся въ печати работы Леонтовича¹⁾ на томъ основаніи, что въ ней авторъ пытается лишь провѣрить наблюденія, полученные прежними изслѣдователями; поправки и дополненія, дѣлаемые авторомъ къ существующимъ уже даннымъ, такъ мало согласуются съ дѣйствительностью, что приводить ихъ я считаю излишнимъ, отсылая интересующагося ими читателя къ самому подлиннику.

Наблюденія, сдѣланныя мною въ послѣднее время надъ тѣльцами Гербста и Грандри, а равно надъ окончаніями нервовъ въ брюшинѣ, заставили меня вновь обратиться къ изученію нервныхъ аппаратовъ кожи человѣка. Матеріаломъ для изслѣдованій мнѣ служила кожа кончиковъ пальцевъ рукъ и ногъ и кожа подошвы ампутированныхъ конечностей, которыя я получалъ, благодаря любезности приватъ-доцента Военно-Медицинской Академіи Р. Вредена; лишь въ рѣдкихъ случаяхъ я пользовался кожей только что умершихъ субъектовъ. Изъ взятыхъ кусковъ кожи приготовлялись бритвою возможно тонкіе разрѣзы, окрашивались на объективныхъ стеклахъ слабыми растворами метиленовой сини, а затѣмъ послѣдняя фиксировалась 5—8% растворомъ молибденовоксилого амміака, къ которому иногда прибавлялась осмиевая кислота. Фиксированные разрѣзы промывались въ дистиллированной водѣ, въ нѣкоторыхъ случаяхъ предварительно окрашивались квасцовымъ карминомъ, послѣ чего обезжизнялись и заключались въ густой дамаръ-ксилолъ (подр. см. «Техника окрашивания нервовъ метиленовою синью. С.-Петербургъ. 1902 г.»).

На многихъ препаратахъ получилась столь великолѣпная окраска нервовъ, что я имѣлъ возможность не только подтвердить и дополнить наблюденія Ruffini, но вмѣстѣ съ тѣмъ и установить нѣкоторыя новыя и не безинтересныя данныя относительно способа окончаній нервовъ въ различныхъ слояхъ кожи.

Обыкновенно на разрѣзахъ кожи, окрашенныхъ и фиксированныхъ вышеуказаннымъ способомъ легко видѣть, что въ самой глубокой части *t. subcutanea* помѣщается множество сравнительно толстыхъ нервныхъ стволиковъ, которые идутъ вмѣстѣ съ крупными крове-

1) Новыя данныя о кожномъ чувствѣ. Часть I. Новыя данныя объ иннерваціи кожи человѣка. Mémoires de l'Académie Imperiale des Sciences de St. Petersburg. Vol. IX. 1900. Тоже въ Intern. Monatsschr. f. Anat. und Phys. 1901. Bd. XVIII. Hefi 4, 6.

носными сосудами. На своемъ пути они отдають вѣточки, переходящія въ сосѣдніе стволы, вслѣдствіе чего въ указанной части t. subcutanea образуется широкопетлистое сплетеніе. Нервные волокна, входящія въ составъ послѣдняго, принадлежатъ къ мякотнымъ и безмякотнымъ (симпатическимъ) волокнамъ, при чемъ первыя значительно превалируютъ надъ вторыми. Это сплетеніе посылаетъ вѣтви ко всѣмъ выпележащимъ слоямъ кожи, почему его съ полнымъ правомъ можно назвать «*основнымъ сплетеніемъ*». Вѣточки, отдѣляющіяся отъ основного сплетенія, имѣютъ различную толщину и въ косомъ и отвѣсномъ направленіяхъ восходятъ кверху, при чемъ постепенно отдають отъ себя во всѣ стороны боковыя вѣточки. Послѣднія соединяются съ сосѣдними стволиками и вѣточками и образуютъ въ cutis нѣсколько расположенныхъ другъ надъ другомъ болѣе или менѣе широкопетлистыхъ сплетеній. Толщина вѣточекъ означенныхъ сплетеній постепенно уменьшается, по мѣрѣ приближенія ихъ къ pars papillaris corii, — наконецъ, образовавъ недалеко отъ основанія сосочковъ сплетеніе, которое можно назвать «*поверхностнымъ сплетеніемъ*», онѣ разсыпаются на пучки волоконъ и на отдѣльныя волокна, идущіе къ сосочкамъ и эпителиальнымъ валикамъ. Уменьшеніе толщины означенныхъ вѣточекъ обусловливается тѣмъ, что онѣ на всемъ своемъ пути посылають волокна къ кровеноснымъ сосудамъ, къ потовымъ железамъ, а равно въ t. subcutanea, corium, и въ эпителий; здѣсь эти волокна оканчиваются различнаго рода концевыми аппаратами. Обыкновенно почти всѣ мякотныя волокна идутъ на образованіе чувствующихъ аппаратовъ, между тѣмъ какъ безмякотныя волокна направляются исключительно къ кровеноснымъ сосудамъ и потовымъ железамъ. Помѣщаясь въ стволикахъ и вѣточкахъ сплетеній, мякотныя волокна на своемъ пути подвергаются многократному дѣленію, при чемъ возникшія отъ этого дѣленія волокна то помѣщаются въ одномъ и томъ же стволикѣ, то переходятъ въ сосѣдніе стволы и вѣточки, въ свою очередь подвергаются дѣленію, наконецъ, оставляють стволы въ томъ или другомъ отдѣлѣ cutis и затѣмъ оканчиваются чувствующими аппаратами.

Окончанія нервовъ въ cutis. Всѣ нервные аппараты, расположенные въ различныхъ слояхъ cutis, можно раздѣлить на двѣ большія группы: на инкапсулированные и неинкапсулированные аппараты.

I. Инкапсулированные аппараты. Къ этимъ аппаратамъ, насколько я могу судить на основаніи своихъ наблюденій, относятся: типичныя Фатеръ-Пачиніевы тѣльца, видоизмѣненныя Фатеръ-Пачиніевы тѣльца (тѣльца Golgi-Mazzoni), тѣльца съ нервными окончаніями въ видѣ пластинокъ, типичныя Мейснеровы тѣльца, видоизмѣненныя Мейснеровы тѣльца, тѣльца съ концевыми развѣтвленіями, усаженными листовидными расширеніями, и, наконецъ, инкапсулированные нервные клубочки.

1. Типичныя Фатеръ-Пачиніевы тѣльца (фиг. 1 и 2) располагаются, какъ извѣстно, исключительно въ tela subcutanea и встрѣчаются какъ въ поверхностныхъ, такъ и въ глубокихъ ея частяхъ, но все-таки преимущественно въ послѣднихъ; лишь иногда нѣкоторыя изъ тѣлецъ попадаютъ на границѣ между corium и t. subcutanea. Въ большинствѣ случаевъ они лежатъ группами, по 2 по 3 тѣльца вмѣстѣ. Я не буду касаться здѣсь строенія доста-

точно уже изученной оболочки этихъ тѣлецъ, а остановлюсь лишь на описаніи способа окончанія въ нихъ нервовъ.

Обыкновенно отъ нервныхъ стволиковъ и вѣточекъ, проходящихъ черезъ *t. subcutanea*, отдѣляются очень толстыя мякотныя волокна, которыя, пробираясь между пучками соединительнотканныхъ фибриллей, извиваются и многократно дѣлятся на болѣе тонкія волокна. Послѣднія направляются затѣмъ къ Пачиніевымъ тѣльцамъ, при чемъ къ каждому тѣльцу всегда подходитъ лишь по одному нервному волокну. Нерѣдко на извѣстномъ разстояніи отъ полюса тѣльца нервное волокно вилообразно дѣлится на два волокна, послѣ чего оба они проникаютъ черезъ оболочку тѣльца, а затѣмъ одно изъ нихъ, вблизи внутренней колбы, вновь дѣлится на два тонкихъ волокна. Въ подобныхъ случаяхъ въ полость тѣльца входятъ сразу три осевыхъ цилиндра. Но такіе случаи встрѣчаются сравнительно рѣдко, — болѣею же частью нервное волокно, не дѣлясь, вступаетъ во внутреннюю колбу, или же предварительно распадается на два волокна. Нервное волокно, входящее въ тѣльце, обыкновенно окружено толстою соединительнотканною (Генлевскою) оболочкою, которая постепенно истончается, переходя въ капсулы тѣльца. Кромѣ того, въ этой же оболочкѣ заключаются, какъ будетъ указано ниже, и кровеносныя сосуды, направляющіеся внутрь тѣлецъ.

Вступивъ во внутреннюю колбу, толстый осевой цилиндръ идетъ въ большинствѣ случаевъ по осевой части колбы и на своемъ пути постепенно отдаетъ подъ острымъ угломъ много различной толщины длинныхъ вѣточекъ. Затѣмъ, пройдя, приблизительно, $\frac{1}{2}$ или $\frac{2}{3}$ длины всей колбы, онъ окончательно распадается на нѣсколько различной толщины вѣточекъ, направляющихся дальше къ слѣпому концу колбы. Благодаря этому, понятно, утрачивается центральное положеніе, занимаемое первоначально осевымъ цилиндромъ во внутренней колбѣ (фиг. 1); лишь, сравнительно, въ небольшомъ числѣ случаевъ осевой цилиндръ сохраняетъ характеръ осевого волокна колбы почти до слѣпого конца послѣдней. Вѣточки, возникшія отъ дѣленія осевого цилиндра, тянутся вдоль внутренней колбы, изгибаются различнымъ образомъ и на своемъ пути не разъ подвергаются дѣленію на большее или меньшее количество повторно дѣлящихся вѣточекъ. Однѣ изъ нихъ, пройдя извѣстное разстояніе вдоль колбы, по направленію къ ея слѣпому концу, дѣлаютъ затѣмъ петлеобразный изгибъ и вновь идутъ въ обратномъ направленіи — къ противоположному концу колбы, или же на мѣстѣ изгиба та или другая вѣточка дѣлится на двѣ вѣточки, изъ которыхъ одна идетъ впередъ, а другая назадъ (фиг. 1). Нѣкоторыя изъ вѣточекъ, достигнувъ слѣпого конца колбы, дѣлаютъ колѣнчатый изгибъ, послѣ чего онѣ возвращаются обратно, подобно вышеописаннымъ вѣточкамъ, и нерѣдко проходятъ въ такомъ направленіи значительное разстояніе. Чтобы имѣть возможность умѣститься въ сравнительно узкой полости тѣльца, нервныя вѣточки во время своего хода тѣсно прилегаютъ одна къ другой, перепутываются и перекрещиваются различнымъ образомъ между собою; многія изъ нихъ дѣлаютъ одинъ или нѣсколько кольцевидныхъ оборотовъ (болѣе или менѣе перпендикулярныхъ къ продольной оси колбы), которые то помѣщаются почти у самой периферіи, то ближе къ центру полости тѣльца (фиг. 1). Въ послѣднемъ случаѣ, нѣкоторыя изъ оборотовъ, дѣлаемыхъ вѣточками,

обвиваютъ кольцомъ осевой цилиндръ тамъ, гдѣ онъ удержалъ еще осевое положеніе въ колбѣ.

Какъ отъ самаго осевого цилиндра, такъ и отъ возникшихъ путемъ его дѣленія длинныхъ вѣточекъ отходятъ, на всемъ ихъ протяженіи, въ свою очередь множество болѣе короткихъ толстыхъ и тонкихъ вѣточекъ и нитей, которыя, въ большинствѣ случаевъ, идутъ не поперечно или косо къ продольной оси полости, а продольно послѣдней, направляясь къ тому или другому концу колбы. Многія изъ этихъ вѣточекъ и нитей изгибаются, вновь подвергаются дѣленію и перепутываются съ описанными выше вѣточками. Обыкновенно осевой цилиндръ и всѣ его развѣтвленія во внутренней колбѣ представляются усаженными различной величины утолщеніями, имѣющими круглую, овальную, веретенообразную и многоугольную форму (фиг. 1). Большинство этихъ утолщеній являются сплюснутыми, сдавленными и, слѣдовательно, имѣютъ видъ скорѣе расширеній, чѣмъ утолщеній; это объясняется характеромъ самого осевого цилиндра, который, какъ и всѣ болѣе крупные изъ его развѣтвленій, представляется въ большей или меньшей степени сплюснутымъ (лентовиднымъ). Отъ указанныхъ расширеній часто отходятъ весьма тонкія ниточки, а самыя вѣточки, помимо того, часто бываютъ усажены еще короткими боковыми отпрысками на подобіе шиповъ.

Если слѣдить за ходомъ той или другой вѣточки или нити, то можно замѣтить, что многія изъ нихъ, повидимому, оканчиваются точно такими же расширеніями или утолщеніями, какими усажены сами вѣточки и нити. Но если разсматривать означенныя какъ-бы концевыя расширенія и утолщенія тщательнѣе и при сильномъ увеличеніи, то не трудно убѣдиться въ томъ, что отъ многихъ изъ нихъ отдѣляются весьма тонкія ниточки, соединяющіяся съ другими сосѣдними расширеніями или вѣточками и нитями. Нѣкоторыя расширенія производятъ впечатлѣніе настоящихъ свободныхъ окончаній, при чемъ обыкновенно чѣмъ неудовлетворительнѣе была окраска развѣтвленій осевого цилиндра метиленовою синью, тѣмъ больше попадаетъ свободно оканчивающихся вѣточекъ и наоборотъ. Эти данныя указываютъ, какъ это я неоднократно утверждалъ, что такъ называемыя свободныя окончанія въ концевыхъ аппаратахъ являются лишь результатомъ неполной окраски нервныхъ вѣточекъ и нитей. Въ виду того, что, даже при кажущейся намъ самой совершенной окраскѣ концевыхъ развѣтвленій осевого цилиндра, мы все-таки не можемъ быть вполне увѣренными въ томъ, что въ данномъ случаѣ окрасились всѣ нервныя вѣточки и нити, входящія въ составъ концевого аппарата, становится понятнымъ, почему почти въ каждомъ изъ нихъ мы должны разсчитывать встрѣтить какъ бы свободно оканчивающіяся, resp. недокрашенныя, вѣточки.

Такимъ образомъ, какъ видно изъ вышеизложеннаго, благодаря постепенному и многократному дѣленію осевого цилиндра во внутренней колбѣ, послѣдняя является до такой степени выполненною концевыми развѣтвленіями, что между ними остаются лишь самой ничтожной величины промежутки, занятые, по всей вѣроятности, незначительнымъ количествомъ серозной жидкости (лимфы).

Что касается отношенія концевыхъ развѣтвленій осевого цилиндра въ типичныхъ Пачиніевыхъ тѣльцахъ къ метиленовой сини, то нужно замѣтить, что они довольно трудно окрашиваются послѣднею, такъ какъ окрашиванію ихъ, вѣроятно, препятствуютъ многочисленные капсулы, окружающія тѣльца. Чаще всего окрашивается или самый осевой цилиндръ и нѣкоторыя изъ его вѣточекъ, или же многія нервныя вѣточки, но зато лишь въ ограниченной части внутренней колбы, вслѣдствіе чего трудно составить себѣ ясное и полное представленіе объ окончаніи нервовъ въ полости Пачиніевыхъ тѣлецъ. Для надлежащей окраски типичныхъ Пачиніевыхъ тѣлецъ, насколько я могъ замѣтить, требуется, чтобы внутренняя колба была вскрыта, т. е. необходимо разрѣзать тѣлце въ продольномъ или поперечномъ направленіи. Но такъ какъ при окрашиваніи нервовъ въ кожѣ приходится готовить изъ свѣжей кожи разрѣзы отъ руки, то, понятно, что при такихъ условіяхъ трудно рассчитывать, чтобы Пачиніевы тѣльца были разрѣзаны въ томъ или другомъ направленіи, а вмѣстѣ съ этимъ нельзя, конечно, и рассчитывать на окрашиваніе въ нихъ всѣхъ нервныхъ развѣтвленій. Лишь въ сравнительно рѣдкихъ, можно сказать, счастливыхъ случаяхъ удастся получить разрѣзы нѣкоторыхъ тѣлецъ и тогда то съ замѣчательною ясностью выступаютъ въ нихъ развѣтвленія осевого цилиндра. Прилагаемый рисунокъ (фиг. 1) продольнаго разрѣза типичнаго Пачиніева тѣльца, снятый съ препарата помощью рисовальной призмы и переданный съ самой щепетильной точностью, въ состояніи дать, лучше всякаго описанія, вѣрное представленіе объ окончаніи осевого цилиндра во внутренней колбѣ.

Но, какъ это было указано мною¹⁾ по отношенію къ тѣльцамъ Гербста и видоизмѣненнымъ Фатеръ-Пачиніевымъ тѣльцамъ въ брюшинѣ, а затѣмъ Sala²⁾ и А. Соколовымъ³⁾ въ типичныхъ Пачиніевыхъ тѣльцахъ брызжейки кошки, во внутренней колбѣ перечисленныхъ тѣлецъ оканчиваются еще особыя волокна, концевыя развѣтвленія которыхъ имѣютъ видъ густой сѣти, расположенной по всей периферіи внутренней колбы. Имѣются ли подобнаго рода волокна и въ типичныхъ Пачиніевыхъ тѣльцахъ кожи человека, — вопросъ этотъ оставался не рѣшеннымъ.

Просматривая тщательно свои препараты кожи, на нѣкоторыхъ изъ нихъ я замѣтилъ, что къ Пачиніевымъ тѣльцамъ, помимо описанныхъ уже толстыхъ мякотныхъ волоконъ, подходятъ еще вмѣстѣ съ послѣдними тонкія мякотныя и безмякотныя волокна. Первые изъ нихъ безъ особаго труда можно прослѣдить вплоть до полюса самаго тѣльца, но какова ихъ дальнѣйшая судьба, что дѣлается съ ними по вступленіи въ тѣлце, — это удастся видѣть лишь на немногихъ, особенно удачныхъ препаратахъ. Оказывается, что означенныя

1) Zur Frage über den Bau der Herbst'schen Körperchen und die Methylenblaufixirung nach Bethe. Zeitschr. f. wissenschaftl.-Zoologie. Bd. LXVI. 3.

Die Nervenendigungen im Bauchfell, in den Sehnen, den Muskelspindeln etc. Archiv f. mikrosk. Anat., Bd. 59. 1901.

2) Untersuchungen über die Structur der Pacini'schen Körperchen. Anat. Anz., Bd. XVI. 1899.

3) Zur Frage über die Endigungen der Nerven in den Vater-Pacini'schen Körperchen. Anat. Anz., Bd. XVI. 1899.

волокна теряютъ тонкую мякотную оболочку на извѣстномъ разстояніи отъ тѣльца или во время своего прохожденія черезъ его оболочку, затѣмъ проникаютъ вмѣстѣ съ толстыми волокнами до внутренней колбы, гдѣ осевой цилиндръ ихъ постепенно распадается на значительное количество многократно дѣлящихся весьма тонкихъ ниточекъ. Послѣднія представляются усаженными различной формы мелкими варикозностями, обвиваютъ периферическую часть внутренней колбы на всемъ ея протяженіи, при чемъ, различнымъ образомъ перекрещиваясь и соединяясь другъ съ другомъ, въ концѣ концовъ составляютъ густую сѣть (фиг. 2). Въ извѣстныхъ случаяхъ, измѣняя фокусное разстояніе, можно было замѣтить, что нѣкоторыя изъ ниточекъ этой сѣти проникали въ глубину полости тѣльца, изви-вались тамъ между концевыми развѣтвленіями осевыхъ цилиндровъ толстыхъ волоконъ, иногда, повидимому, дѣлились на своемъ пути на нѣсколько ниточекъ, которыя потомъ соединялись съ ниточками сѣти, расположенной въ периферической части внутренней колбы. Наблюденіе это, какъ мы увидимъ ниже, имѣетъ извѣстное значеніе, такъ какъ оно указываетъ, что отъ периферической нервной сѣти отходятъ ниточки и въ глубину полости тѣльца и, проходя и дѣлясь между развѣтвленіями, которыми оканчивается въ полости осевой цилиндръ толстаго волокна, по всей вѣроятности, оплетаютъ эти развѣтвленія. Если это такъ, то въ такомъ случаѣ придется нѣсколько видоизмѣнить взглядъ высказанный первоначально Тимофеевымъ¹⁾, мною, Sala и др. на описываемую периферическую нервную сѣть и признать, что она *имѣется не только по периферіи, но и внутри всей полости тѣльца*.

Обыкновенно чѣмъ лучше удалось окрашиваніе нервовъ на разрѣзахъ, тѣмъ болѣе густою кажется и сама сѣть, которою оканчиваются тонкія мякотныя волокна, а равно и тѣмъ легче удастся видѣть ниточки, посылаемыя сѣтью въ глубокія части полости. Нерѣдко окрашивается лишь извѣстный участокъ сѣти, или же послѣдняя оказывается окрашеною болѣе или менѣе хорошо, между тѣмъ какъ волокна, оканчивающіяся означенною сѣтью, остаются совсѣмъ неокрашенными. Описанныя волокна, насколько я имѣлъ возможность замѣтить, подходятъ къ каждому тѣльцу въ количествѣ одного волокна.

Что касается тонкихъ безмякотныхъ волоконъ, подходящихъ къ Фатеръ-Пачиніевымъ тѣльцамъ, то они кажутся въ видѣ тонкихъ варикозныхъ нитей, которыя въ количествѣ 2—3-хъ идутъ съ толстыми и тонкими мякотными волокнами и вмѣстѣ съ ними проникаютъ черезъ системы капсулъ, при чемъ на этомъ пути онѣ нерѣдко распадаются на нѣсколько ниточекъ. Иногда удастся прослѣдить, какъ однѣ изъ означенныхъ ниточекъ проникаютъ въ промежутки между наружными и даже внутренними капсулами, между тѣмъ какъ другія направляются къ внутренней колбѣ, часто вступаютъ въ начальную часть послѣдней, а затѣмъ ускользаютъ отъ наблюденія. Характерный видъ этихъ волоконъ, сохраняемый ими на всемъ томъ протяженіи, на какомъ ихъ удастся видѣть внѣ тѣльца, а равно присутствіе кровеносныхъ сосудовъ между капсулами оболочки тѣлецъ — все это заставило меня ду-

1) Объ окончаніяхъ нервовъ въ мужскихъ половыхъ органахъ млекопитающихъ и человека. Казань. 1896 г. Тоже въ Anat. Anz. 1896, Bd. 11.

мать, что описываемыя волокна стоятъ въ тѣсномъ отношеніи къ сосудамъ и, вѣроятно, принадлежатъ къ симпатическимъ волокнамъ. Сомнѣніе въ справедливости этого предположенія возбуждало лишь то обстоятельство, что иногда развѣтвленія означенныхъ волоконъ проникали въ начальную часть внутренней колбы, въ которой, насколько мнѣ извѣстно изъ литературныхъ данныхъ (Ranvier¹⁾, Ruffini²⁾), кровеносные сосуды должны отсутствовать. Чтобы выяснитъ детальнѣе вопросъ о кровеносныхъ сосудахъ Пачиніевыхъ тѣлецъ я предложилъ студенту Коврыгину произвести возможно полную инъекцію сосудовъ брызжейки кошки и кожи пальцевъ рукъ или ногъ человѣка на ампутированныхъ конечностяхъ, а затѣмъ уже на плоскостныхъ препаратахъ (въ брызжейкѣ) и на разрѣзахъ кожи изучитъ отношеніе сосудовъ къ тѣльцамъ. Полученные имъ препараты, между прочимъ, показали, что тонкія артеріальныя вѣточки проникаютъ въ каждое тѣльце вмѣстѣ съ нервами, послѣ чего онѣ распадаются на капилляры; послѣдніе постепенно вступаютъ въ промежутки между системами не только наружныхъ, но и внутреннихъ капсулъ, тянутся по нимъ иногда на довольно значительномъ протяженіи, нерѣдко почти до половины длины тѣльца, и образуютъ узкопетлистую сѣть. Кромѣ того, одна, двѣ мелкія артеріи часто вступаютъ въ тѣльце со стороны его полюса (нерѣдко на мѣстѣ lig. interlamellare), противоположнаго мѣсту вхожденія нервовъ и распадаются здѣсь на капилляры, петли которыхъ проникаютъ на небольшое разстояніе въ промежутки между наружными капсулами; въ подобныхъ случаяхъ часто обѣ системы капилляровъ связываются другъ съ другомъ помощью длинныхъ анастомозовъ. Наконецъ, въ нѣкоторыхъ тѣльцахъ можно замѣтить, что одна, двѣ петли капилляровъ идутъ вмѣстѣ съ нервными волокнами и сопровождаютъ ихъ вплоть до внутренней колбы, а иногда даже вступаютъ въ послѣднюю, но не простираются далѣе самой начальной ея части. Приведенныя данныя, мнѣ кажется, объясняютъ, какъ присутствіе тонкихъ варикозныхъ ниточекъ, возникшихъ отъ дѣленія безмякотныхъ волоконъ, между капсулами и въ начальной части внутренней колбы, такъ равно и характеръ самыхъ ниточекъ и указываютъ на принадлежность ихъ къ симпатическимъ волокнамъ. Кромѣ того, отсутствіе сосудовъ во внутренней колбѣ, за исключеніемъ лишь начальной ея части, даетъ намъ еще возможность придти къ тому выводу, что описанная выше нервная сѣть, нити которой располагаются по всей периферіи внутренней колбы и проникаютъ даже въ глубину послѣдней, не имѣетъ никакого отношенія къ кровеноснымъ сосудамъ, а, слѣдовательно, и оканчивающіяся ею тонкія мякотныя волокна не могутъ быть причислены къ симпатическимъ волокнамъ.

Такимъ образомъ, на основаніи вышеприведенныхъ наблюденій, установившійся взглядъ на способъ окончанія нервовъ въ типичныхъ Фатеръ-Пачиніевыхъ тѣльцахъ долженъ измѣниться существеннымъ образомъ. Мы должны признать теперь, что *въ полости каждого*

1) Traité technique d'histologie, XII edition. Paris. 1889.

2) Contributo allo studio della vascolarizzazione della

Зан. Физ.-Мат. Отд.

cute umana con proposta di una classificazione piu razionale dei suoi diversi strati. Monitore Zoolog. Ital., Anno XI, № 9, 1900.

тѣльца оканчиваются мякотныя нервныя волокна двоякаго рода: одни принадлежатъ къ толстымъ, а другія къ тонкимъ волокнамъ. Развѣтвленія осевыхъ цилиндровъ первыхъ занимаютъ почти всю полость внутренней колбы и образуютъ въ ней густой клубокъ связанныхъ между собою и притомъ довольно толстыхъ нервныхъ вѣточекъ и нитей; нити этого клубочка вытянуты въ длину, сообразно формѣ внутренней колбы. Концевыя развѣтвленія осевыхъ цилиндровъ волоконъ второго рода образуютъ густую сеть, составленную изъ тончайшихъ варикозныхъ ниточекъ; сеть эта располагается какъ въ самой периферической, такъ и въ глубокой частяхъ внутренней колбы и оплетаетъ собою развѣтвленія волоконъ первого рода. Вступающія въ тѣльца безмякотныя волокна принадлежатъ къ симпатическимъ волокнамъ и сопровождаютъ кровеносные сосуды тѣльца. Въ полости тѣльца имѣется, вѣроятно, лишь незначительное количество серозной жидкости, но нѣтъ ни кѣлокъ, ни какого-бы то ни было зернистаго вещества.

2. Видоизмѣненныя Фатеръ-Пачиніевы тѣльца (концевыя колбы Golgi-Mazzoni) (фиг. 3, 4, 5—9, были уже довольно подробно описаны W. Краусе въ кожѣ подошвы различныхъ млекопитающихъ, мною¹⁾ въ конъюнктивѣ и въ кожѣ генитальныхъ органовъ человѣка, Ruffini²⁾ въ t. subcutanea кожи человѣка, F. Crevatin³⁾ въ t. subcutanea кожи обезьяны, мыши и др. животныхъ и Sfaameni⁴⁾ въ сосочкахъ кожи пальцевъ собаки и кошки. А. Смирновъ⁵⁾ описалъ эти тѣльца въ кожѣ подошвы человѣка, гдѣ они, по его наблюденіямъ, лежатъ непосредственно подъ сосочками, при чемъ онъ различаетъ тѣльца двоякаго рода: въ однихъ — осевой цилиндръ, развѣтвляясь, образуетъ сѣть, а въ другихъ — онъ входитъ во внутреннюю колбу и оканчивается въ ней пуговчатымъ утолщеніемъ.

Означенныя тѣльца, насколько я могъ замѣтить, имѣютъ круглую, яйцевидную, овальную и колбасовидную форму и, какъ это уже давно извѣстно, состоятъ изъ оболочки и внутренней колбы. Оболочка слагается изъ нѣсколькихъ (2, 3, 4 и большаго числа) тонкихъ, расположенныхъ на извѣстномъ разстояніи другъ отъ друга, соединительнотканыхъ пластинокъ, количество которыхъ находится въ извѣстной зависимости отъ величины самаго тѣльца (фиг. 3, 4, 5—9). Ограниченная самой внутренней пластинкой полость имѣетъ,

1) Die Nervenendigungen in der Haut der äusseren Genitalorgane des Menschen. Arch. f. mikrosk. Anat., Bd. XLI.

Die Nervenendigungen im Lidrande und in der Conjunctiva palpebr. des Menschen. Arch. f. mikrosk. Anat., Bd. XLIV.

2) Di un nuovo organo nervoso terminale e sulla presenza dei corpuscoli Golgi-Mazzoni nel connettivo sottocutaneo dei polpastrelli delle dita dell'uomo. Roma. 1894.

Ulteriori ricerche sugli organi nervosi terminali nel connettivo sottocutaneo dei polpastrelli dell'uomo e sulle diverse qualità di corpuscoli del Pacini che si osservano nello stesso tessuto. Ricerche fatte nel Laboratorio di Anatomia normale della R. Università di Roma ed in altri Laboratori biologici, Vol. V, fasc. 3, 1896.

3) Di alcune forme di corpuscoli nervosi del connettivo sottocutaneo e della loro struttura. Bologna. 1900.

4) Contributo alla conoscenza delle terminazioni nervose negli organi genitali esterni e nel capezzolo della femmina. Monitore Zool. Italiano. Anno XII, № 1, 1901.

Gli organi nervosi terminali del Ruffini ed i corpuscoli del Pacini studiati nelle piante e nei polpastrelli del Cane, Gatto e della Scimmia. Accademie Reale delle Scienze di Torino. Anno 1899—1900.

5) Ueber Endkolben in der Haut der Planta pedis, und über die Nervenendigungen in den Tastkörperchen des Menschen und im Oesophagus des Frosches. Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Physiol., Bd. 10.

сравнительно съ величиною тѣльца, значительный діаметръ и лишь въ вытянутыхъ въ длину, колбасовидной формы тѣльцахъ она, увеличиваясь въ продольномъ діаметрѣ, уменьшается въ бѣльшей или меньшей степени въ поперечникѣ. Величина тѣлецъ можетъ быть весьма различна, но даже самыя большія изъ нихъ во много разъ меньше самыхъ маленькихъ Фатеръ-Пачиніевыхъ тѣлецъ. Они помѣщаются въ *t. subcutanea* и въ *str. reticulare corii* — почти непосредственно подъ эпителиальными валиками (фиг. 9), у самаго основанія сосочковъ (фиг. 8) и въ основной части этихъ послѣднихъ, гдѣ они одной изъ своихъ сторонъ прилегаютъ къ поверхности эпителия, или же занимаютъ приблизительно средину основной части того или другого сосочка. Наконецъ, весьма нерѣдко тѣльца встрѣчаются въ глубинѣ сосочковъ (фиг. 3, 4 и 5), — приблизительно въ средней части и въ верхней трети послѣднихъ, при чемъ здѣсь они также располагаются или въ осевой части сосочка, или же чаще примыкаютъ съ той или другой стороны къ эпителию, ограничивающему данный сосочекъ. Лишь въ верхушкѣ сосочковъ тѣльца, видимо, отсутствуютъ, такъ какъ, просматривая сотни отлично окрашенныхъ препаратовъ, я никогда не встрѣчалъ ихъ въ указанной части сосочковъ. Въ кожѣ кончиковъ пальцевъ рукъ и ногъ описываемыя тѣльца находятся сравнительно въ большомъ количествѣ и въ каждомъ разрѣзѣ ихъ можно отыскать нѣсколько. Въ тѣхъ сосочкахъ, въ которыхъ помѣщаются видоизмѣненные тѣльца Пачини, обыкновенно имѣются и другіе нервныя аппараты, къ числу которыхъ, какъ будетъ указано ниже, относятся неинкапсулированные нервныя клубочки, особенныя нервныя окончанія, описанныя Ruffini подъ названіемъ «*flocchetti papillari*» — «сосочковыхъ кистей», а равно сосудодвигательныя нервы Ruffini. Въ сосочкахъ, занятыхъ типичными Мейсснеровыми тѣльцами и различными ихъ видоизмѣненіями, описываемыя тѣльца не встрѣчаются, или же иногда находятся только у самаго ихъ основанія или даже нѣсколько ниже основанія — въ *stratum reticulare corii*.

Тѣльца, расположенныя въ самыхъ сосочкахъ и у ихъ основанія, обыкновенно имѣютъ круглую, овальную или яйцевидную форму, между тѣмъ какъ тѣльца, помѣщающіяся подъ эпителиальными валиками, въ большинствѣ случаевъ, принимаютъ колбасовидную форму и нерѣдко кажутся изогнутыми въ бѣльшей или меньшей степени (фиг. 9).

Къ каждому тѣльцу, со стороны его обращенной къ *str. reticulare corii*, или же сбоку, подходятъ одно, иногда два толстыхъ мякотныхъ волокна, которыя теряютъ мякотную оболочку почти у самаго тѣльца или чаще на извѣстномъ, то большемъ, то меньшемъ разстояніи отъ него, и въ видѣ голыхъ осевыхъ цилиндровъ проникаютъ въ полость тѣльца; Генлевская оболочка и неврилемма, повидимому, переходятъ въ оболочку тѣльца. Мякотныя волокна, подходящія къ тѣльцамъ, расположеннымъ въ сосочкахъ, обыкновенно теряютъ мякоть еще до своего вступленія въ сосочки и въ этихъ послѣднихъ уже являются въ видѣ толстыхъ безмякотныхъ волоконъ. Вступивъ въ полость тѣльца, осевой цилиндръ бѣльшею частью тотчасъ же дѣлится на 2—3 вѣточки, которыя многократно изгибаются въ полости и образуютъ петли разнообразной величины и формы (фиг. 3, 4—9). Однѣ изъ петель идутъ параллельно, другія поперечно, третьи болѣе или менѣе косо къ продольной оси

полости и на своемъ пути пересѣкаются и перепутываются между собою различнымъ образомъ. Отъ указанныхъ, петлеобразно изогнутыхъ вѣточекъ постепенно отдѣляются новыя вѣточки, которыя изгибаются подобно предыдущимъ и вновь многократно дѣлятся, при чемъ образовавшіяся этимъ путемъ вѣточки и нити также извиваются въ разныхъ направленіяхъ и соединяются другъ съ другомъ (фиг. 3, 5, 6 и 9). Описываемыя вѣточки и нити имѣютъ различную, бѣльшую частью довольно значительную, толщину, представляются нѣсколько сплюснутыми и на всемъ своемъ протяженіи мѣстами образуютъ самой различной величины и формы расширенія или вздутія, придающія означеннымъ вѣточкамъ и нитямъ, а вмѣстѣ съ этимъ и всему аппарату своеобразный видъ. Такимъ образомъ, благодаря тому, что осевой цилиндръ нервнаго волокна, вступивши въ полость тѣльца, распадается на множество дѣлящихся, изгибающихся и притомъ связанныхъ между собою вѣточекъ и нитей, въ полости каждаго тѣльца возникаетъ густой нервный клубокъ (фиг. 3, 5, 6—9).

Чѣмъ полнѣе и совершеннѣе окрасятся на препаратахъ нервы, тѣмъ бѣльшее количество нервныхъ вѣточекъ и нитей мы находимъ въ полости тѣльца; при особенно удачной окраскѣ, получается до такой степени плотный клубочекъ, что въ немъ становятся едва замѣтными промежутки между отдѣльными нитями. Наоборотъ, въ случаѣ неудачной окраски, многія вѣточки остаются неокрашенными, другія окрашиваются лишь на извѣстномъ протяженіи и тогда кажутся оканчивающимися различной формы расширеніями и вздутіями. Обыкновенно въ тѣльцахъ, вытянутыхъ въ длину, бѣльшая часть петель идетъ параллельно продольной ихъ оси, въ круглыхъ же тѣльцахъ петли идутъ въ разныхъ направленіяхъ. Нервные волокна, оканчивающіяся описанными клубочками въ нѣсколькихъ и многихъ тѣльцахъ, представляютъ собою лишь вѣтви, возникшія отъ постепеннаго дѣленія одного какого-либо толстаго мякотнаго волокна или, говоря иначе, одно мякотное волокно, дѣлясь, оканчивается многими тѣльцами, подобно тому, какъ это имѣетъ мѣсто и по отношенію къ типичнымъ Фатеръ-Пачиніевымъ тѣльцамъ.

На тонкихъ разрѣзахъ кожи, на которыхъ окрасились концевыя развѣтвленія во многихъ тѣльцахъ, нерѣдко можно замѣтить, какъ къ тому или другому изъ нихъ подходит вмѣстѣ съ мякотнымъ волокномъ то одно (фиг. 3—7), то нѣсколько тонкихъ, усаженныхъ мелкими варикозностями волоконъ, которыя лишь на значительномъ разстояніи отъ тѣльца оказываются покрытыми тонкимъ слоемъ мякоти. Иногда подобное волокно, лишившись мякоти, распадается на нѣсколько толстыхъ нитей, которыя затѣмъ направляются къ данному тѣльцу. Вступивъ въ полость тѣльца, описываемыя волокна извиваются сначала по периферіи полости и на этомъ пути постепенно распадаются на бѣльшее или меньшее число тонкихъ варикозныхъ ниточекъ. При тщательномъ просматриваніи препаратовъ, однако, можно констатировать, что въ нѣкоторыхъ тѣльцахъ, вступившія въ полость ихъ варикозныя волокна вѣтвятся не только въ периферической части внутренней колбы, но многія тонкія ниточки, возникшія отъ дѣленія этихъ волоконъ, проникаютъ въ глубину полости; здѣсь онѣ постепенно распадаются на множество тонкихъ варикозныхъ и въ свою очередь вѣтвящихся ниточекъ, которыя, размѣщаясь по всей полости, образуютъ сѣть (фиг. 7). Среди

тонкихъ ниточекъ означенной нервной сѣточки извиваются сравнительно гораздо болѣе толстыя, усаженные характерными пластинчатыми расширениями вѣточки, которыми оканчиваются въ полости тѣльца осевые цилиндры толстыхъ мякотныхъ волоконъ (фиг. 7). Такимъ образомъ, концевыя развѣтвленія толстыхъ мякотныхъ волоконъ оплетаются концевыми развѣтвленіями другихъ — тонкихъ волоконъ. Описываемыя тѣльца въ этомъ отношеніи не представляютъ собою исключенія: то же самое, какъ было сказано выше, наблюдается въ типичныхъ Фатеръ-Пачиніевыхъ, а равно и въ Мейсснеровыхъ тѣльцахъ (см. ниже).

Какъ видно изъ всего сказаннаго выше, видоизмѣненныя тѣльца Пачини (Golgi-Mazzoni) *отличаются отъ типичныхъ Фатеръ-Пачиніевыхъ тѣлецъ лишь значительно меньшею величиною, бѣлыми, сравнительно съ ихъ величиною, размѣрами внутренней колбы, слабѣе развитою оболочкою и отчасти своимъ положеніемъ и формою. Они вполне тождественны съ тѣми концевыми тѣльцами, которыя имѣются въ брюшинѣ, на мѣстахъ перехода мышцъ въ сухожилія и въ другихъ мѣстностяхъ.*

Кромѣ описанныхъ тѣлецъ, въ самой поверхностной части str. retic. corii, почти непосредственно подъ основаніемъ сосочковъ, встрѣчаются, правда рѣдко, еще особенныя тѣльца, которыя, по способу окончанія въ нихъ нервовъ, видимо, отличаются отъ означенныхъ тѣлецъ. Они имѣютъ круглую или овальную форму, довольно значительную величину и окружены сравнительно толстой оболочкой, въ составъ которой входитъ нѣсколько концентрически расположенныхъ пластинокъ — капсулъ (фиг. 10). Къ каждому такому тѣльцу подходитъ снизу одно толстое мякотное волокно, которое обыкновенно у самой оболочки теряетъ мякоть, послѣ чего толстый осевой цилиндръ проникаетъ въ полость тѣльца и тотчасъ же распадается на нѣсколько (3—5 и больше) тонкихъ вѣточекъ. Означенныя вѣточки различнымъ образомъ извиваются въ полости тѣльца и многократно дѣлятся на тонкія, усаженные мелкими варикозностями ниточки. Последнія дѣлаютъ множество туровъ въ полости тѣльца, перепутываются между собою самымъ различнымъ способомъ и отдаютъ отъ себя многочисленныя тонкія и, въ свою очередь, дѣлящіяся и соединяющіяся другъ съ другомъ варикозныя нити (фиг. 10). Въ концѣ концовъ, въ полости тѣльца получается весьма плотный клубокъ, составленный изъ тонкихъ и связанныхъ между собою варикозныхъ нитей, при чемъ, насколько я могъ замѣтить, одна, двѣ ниточки этого клубочка проникаютъ черезъ капсулу тѣльца и, выйдя изъ него, вступаютъ въ сосочекъ, гдѣ мнѣ иногда удавалось прослѣдить ихъ вплоть до самой верхушки сосочка. Въ указанныхъ тѣльцахъ, повидимому, оканчиваются лишь одного рода толстыя мякотныя волокна, чѣмъ они, между прочимъ, отличаются отъ вышеописанныхъ тѣлецъ и представляютъ, по всей вѣроятности, лишь разновидность ихъ.

3. Тѣльца съ нервными окончаніями въ видѣ пластинокъ (фиг. 11 и 12). Эти, своеобразныя по способу окончанія въ нихъ нервовъ, тѣльца, насколько мнѣ извѣстно, до сихъ поръ еще никѣмъ не были описаны. Они встрѣчаются лишь въ str. reticulare corii и обыкновенно помѣщаются на близкомъ разстояніи отъ основанія сосочковъ, при чемъ нерѣдко можно было видѣть, какъ самый сосочекъ занимало Мейсснерово тѣльце, а подъ этимъ же

сосочкомъ находилось одно изъ описываемыхъ тѣлецъ. Означенныя тѣльца попадаютъ сравнительно не часто, что, однако, по моему мнѣнію, еще не можетъ указывать на ихъ малочисленность, такъ какъ ясно они выступаютъ только въ томъ случаѣ, когда окрасятся оканчивающіеся въ нихъ нервы, а послѣдніе на одномъ и томъ же разрѣзѣ кожи окрашиваются далеко не во всѣхъ тѣльцахъ. Сейчасъ сказанное относится не только къ описываемымъ, но и вообще ко всѣмъ концевымъ нервнымъ аппаратамъ, окрашиваемымъ метиленовою синью.

Тѣльца имѣютъ форму болѣе или менѣе узкаго цилиндра, одинъ конецъ котораго является округленнымъ и нерѣдко изогнутымъ въ бѣльшей или меньшей степени (фиг. 11 и 12). Величина тѣлецъ, сравнительно, небольшая и равняется 0,062 — 0,080 mm. въ продольномъ и 0,018 — 0,022 mm. въ поперечномъ діаметрѣ, при чемъ продольная ось ихъ поставлена болѣе или менѣе перпендикулярно къ поверхности кожи. Каждое тѣльце окружено довольно тонкою соединительнотканною оболочкою, которая, насколько я могъ замѣтить, не состоитъ изъ отдѣльныхъ пластинокъ, какъ это наблюдается въ вышеописанныхъ тѣльцахъ. Оболочка ограничиваетъ собою цилиндрической формы полость — внутреннюю колбу.

Къ нижнему полюсу cadaго тѣльца подходит одно очень толстое, мякотное волокно, окруженное толстою Генлевскою оболочкою. Волокно это на близкомъ разстояніи отъ полюса тѣльца теряетъ мякоть, между тѣмъ какъ Генлевская и Шваннова его оболочки сливаются съ оболочкою тѣльца, а толстый, сплюснутый на подобіе ленты осевой цилиндръ вступаетъ въ полость. Тотчасъ по вступленіи своемъ въ полость, осевой цилиндръ отдаетъ отъ себя подъ болѣе или менѣе острымъ угломъ одну, двѣ сплюснутыя вѣтви, затѣмъ направляется, нерѣдко волнообразно извиваясь, къ слѣпому концу колбы и на своемъ пути вновь вилообразно дѣлится на 2—3 вѣтви (фиг. 11 и 12). Обыкновенно тѣ изъ вѣтвей осевого цилиндра, которыя возникли раньше—тотчасъ по его вступленіи въ полость тѣльца—извиваются въ бѣльшей или меньшей степени въ нижней части полости тѣльца и здѣсь же распадаются на 2—4 вѣточки различной длины и ширины. Что касается остальныхъ вѣтвей, то онѣ, въ отличіе отъ предыдущихъ, занимаютъ верхнюю часть (половину) полости, иногда извиваются въ ней и, въ концѣ концовъ, вилообразно дѣлятся на нѣсколько (2—3) вѣточекъ. Какъ самый осевой цилиндръ, такъ и всѣ его развѣтвленія, помѣщающіяся во внутренней колбѣ, имѣютъ видъ то болѣе, то менѣе широкихъ, мѣстами какъ-бы скрученныхъ лентъ, въ которыхъ очень отчетливо выступаетъ фибриллярное строеніе (фиг. 11 и 12). Края этихъ лентъ представляются неровными, зазубренными (они кажутся какъ-бы усаженными множествомъ шиповидныхъ отпрысковъ), и поперечный діаметръ ихъ нерѣдко мѣстами увеличивается на столько, что въ указанныхъ мѣстахъ каждая вѣточка пріобрѣтаетъ форму широкой пластинки, края которой являются также усаженными шипами и нерѣдко дѣлящимися короткими отпрысками (фиг. 12). Величина этихъ мѣстныхъ расширеній вѣточекъ, понятно, зависитъ отъ калибра послѣднихъ: узкія вѣточки представляются усаженными меньшей величины пластинчатыми расширениями, чѣмъ широкія вѣточки. Каждая изъ вто-

чекъ, пройдя известное разстояніе въ полости тѣльца, затѣмъ оканчивается особой пластинкой (фиг. 11 и 12). Означенныя пластинки имѣютъ самую разнообразную форму и размѣры: однѣ кажутся въ видѣ широкихъ многоугольныхъ образований и до известной степени напоминаютъ собою листья лопушника, другія имѣютъ болѣе или менѣе круглую, треугольную и четырехугольную форму, третьи довольно значительно вытянуты въ длину и угловаты и т. д. Края пластинокъ усажены мелкими зубчиками и шипами и мѣстами снабжены вырѣзками, присутствіе которыхъ придаетъ пластинкамъ оригинальную форму (фиг. 11 и 12). Многіе изъ шиповъ и зубчиковъ удлиняются настолько, что превращаются въ тонкія, нерѣдко дѣлящіяся ниточки, при помощи которыхъ сосѣднія пластинки связываются между собою. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ отъ краевъ той или другой пластинки отходятъ 2—3 довольно толстыя ниточки, которыя, пройдя небольшое разстояніе, въ свою очередь, оканчиваются новыми, вторичными пластинками (фиг. 11 и 12). Въ большинствѣ случаевъ, одна поверхность пластинки бываетъ обращена кверху — къ слѣпому концу внутренней колбы, но рядомъ съ этимъ попадаются пластинки, поставленныя то болѣе, то менѣе косо, а равно и такія, поверхности которыхъ направлены къ боковымъ стѣнкамъ колбы. Кромѣ того, многія пластинки представляются изогнутыми въ бѣльшей или меньшей степени, вслѣдствіе чего, настоящая ихъ форма выступаетъ ясно лишь при постепенномъ измѣненіи фокуснаго разстоянія. Обыкновенно въ одномъ и томъ же тѣлцѣ встрѣчаются пластинки различныхъ размѣровъ. Что касается строенія пластинокъ, то, насколько я могу судить, онѣ состоятъ изъ такихъ же тончайшихъ фибриллей, изъ какихъ построены и оканчивающіяся пластинками нервныя вѣтви и вѣточки; промежутки между фибриллами, повидимому, заняты зернистой невроплазмой.

Благодаря только что описанному способу окончанія нервовъ въ этихъ своеобразныхъ тѣльцахъ, весь нервный аппаратъ получаетъ видъ извивающагося стебелька растенія, отъ котораго отходятъ изогнутыя вѣточки, усаженныя различной величины и формы довольно широкими листьями (фиг. 11 и 12). Въ виду того, что оканчивающіяся пластинками нервныя вѣточки до известной степени напоминаютъ собою способъ окончанія нервовъ въ сложныхъ тѣльцахъ Грандри, я обратилъ вниманіе на то, не заключаются ли въ полости описанныхъ тѣлецъ какія-либо клѣтки, но присутствія въ ней послѣднихъ не могъ констатировать. Вслѣдствіе этого нужно было допустить, что небольшіе промежутки, остающіеся между развѣтвленіями осевого цилиндра и пластинками, по всей вѣроятности, заняты отчасти также вѣточками, оканчивающимися пластинками, но какъ тѣ, такъ и другія остаются неокрашенными, т. е. въ полости каждаго тѣльца окрашиваются далеко не всѣ, а лишь нѣкоторыя вѣточки и концевыя пластинки.

Вмѣстѣ съ толстымъ нервнымъ волокномъ, подходящимъ къ каждому тѣлцу, мнѣ иногда удавалось замѣтить еще сопровождающія его тонкія, варикозныя нити, которыя на своемъ пути обыкновенно дѣлятся и въ нѣкоторыхъ случаяхъ могутъ быть прослѣжены не только до внутренней колбы, но и внутри послѣдней (фиг. 11 и 12). Такъ какъ на моихъ препаратахъ означенныя нити были окрашены въ полости тѣлецъ лишь на небольшомъ про-

тяженіи, то поэтому я не могу высказаться, къ какимъ нитямъ онѣ должны быть причислены — къ развѣтвленіямъ ли тонкихъ мякотныхъ волоконъ, аналогичныхъ волокнамъ, описаннымъ мною въ типичныхъ и видоизмѣненныхъ Фатеръ-Пачиніевыхъ тѣльцахъ, или же къ какимъ-либо другимъ нитямъ.

4. Мейснеровы тѣльца (фиг. 13, 14—27). Прежде чѣмъ говорить объ этихъ тѣльцахъ, я долженъ замѣтить, что далеко не всѣ нервныя аппараты, описываемые до сихъ поръ подъ названіемъ Мейснеровыхъ тѣлецъ, принадлежатъ, по способу окончанія въ нихъ нервовъ, къ послѣднимъ. Многія изъ нихъ должны быть выдѣлены изъ этой группы нервныхъ аппаратовъ и отнесены къ особымъ формамъ тѣлецъ.

Типичныя Мейснеровы тѣльца были уже тщательно описаны Merkel'емъ¹⁾, Fischer'омъ²⁾, Ranvier³⁾ и въ послѣднее время мною⁴⁾, Смирновымъ⁵⁾ и Ruffini⁶⁾, вслѣдствіе чего я, главнымъ образомъ, останавлиюсь лишь на полученныхъ теперь мною новыхъ данныхъ относительно способа окончанія въ нихъ нервовъ.

Мейснеровы тѣльца имѣютъ, какъ извѣстно, овальную, яйцевидную, грушевидную и даже кругловатую форму, при чемъ въ тѣльцахъ яйцевидной и грушевидной формы болѣе широкая часть ихъ направлена къ основанію, а узкая — къ верхушкѣ сосочковъ. Нерѣдко тѣльца кажутся изогнутыми въ бѣльшей или меньшей степени, а иногда даже принимаютъ форму подковы и въ такомъ случаѣ располагаются въ основаніи сосочковъ. Обыкновенно тѣльце состоитъ изъ полости, ограниченной соединительнотканной оболочкой, но весьма часто отъ послѣдней отходятъ тоненькія прослойки, которыя пронизываютъ тѣльце въ поперечномъ или косомъ направленіяхъ и разбиваютъ его на нѣсколько сообщающихся другъ съ другомъ участковъ — долекъ, различной величины и формы. Такого рода тѣльца называютъ, въ отличіе отъ первыхъ, сложными тѣльцами, при чемъ количество долекъ, входящихъ въ составъ одного сложнаго тѣльца, насколько я могъ замѣтить, колеблется между 2—6—8 и даже бѣльшемъ, что до извѣстной степени находится въ связи съ величиной тѣльца (фиг. 15, 16, 17, 18, 21, 22 и др.).

Величина и форма долекъ въ одномъ и томъ же тѣльцѣ бываютъ различны: рядомъ съ большою, кругловатою или угловатою формы долькой, располагаются сравнительно мелкія дольки, имѣющія круглую, треугольную форму, или же форму болѣе или менѣе сдавленнаго овала. Вообще, можно сказать, что размѣры долекъ увеличиваются по направленію отъ верхушки къ основанію тѣлецъ, при чемъ границы между дольками не всегда выступаютъ рѣзко: иногда соединительнотканныя прослойки между ними настолько тонки, что лишь съ трудомъ можно замѣтить дольчатость тѣльца. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ та или

1) Tastzellen und Tastkörperchen bei den Hausthieren und beim Menschen. Archiv f. mikrosk. Anat., Bd. II. 1875.

2) Ueber den Bau der Meissner'schen Tastkörperchen. Archiv f. mikrosk. Anatomie, Bd. 12.

3) Nouvelles recherches sur les corpuscules de tacte. Compt. rend, de l'acad. des scienc. Paris. 1880.

4) Die Nervenendigungen in Meissner'schen Tastkörperchen. Internat. Monatsschr. f. Anat. und Phys., Bd. IX, H. 2, 1892.

5) L. c., стр. 10.

6) L. c., стр. 1.

другая доля представляется какъ-бы смѣщенной и располагается сбоку тѣльца. Величина тѣлецъ бываетъ весьма различна: одни изъ нихъ очень мелки и занимаютъ только часть сосочка, другія, наоборотъ, достигаютъ колоссальныхъ размѣровъ, — выполняютъ собою почти весь сосочекъ, при чемъ нерѣдко основаніе ихъ переходитъ за границы основанія сосочка.

Обыкновенно въ каждомъ сосочкѣ помѣщается лишь одно тѣльце, которое лежитъ то въ средней части сосочка и не достигаетъ его верхушки, то ближе къ одной изъ его сторонъ, то, какъ было указано выше, выполняетъ собою почти весь сосочекъ и нерѣдко даже вдвигается болѣе или менѣе глубоко въ *str. retic. corii*. Но, помимо того, въ большихъ сосочкахъ часто можно найти 2—3 тѣльца, которыя располагаются или рядомъ — одно возлѣ другого, и имѣютъ приблизительно одинаковые размѣры (фиг. 27), или же одно лежитъ выше и занимаетъ верхнюю часть сосочка, а другое помѣщается подъ первымъ; если въ сосочкѣ имѣются три тѣльца, то, въ такомъ случаѣ, 2 изъ нихъ находятся рядомъ, а третье лежитъ подъ ними, — у основанія сосочка. Каждое тѣльце помѣщается въ сосочкѣ такъ, что продольная его ось совпадаетъ съ продольною осью сосочка и только въ рѣдкихъ случаяхъ попадаютъ небольшія, изогнутыя тѣльца, занимающія нижнюю (основную) часть сосочка, при чемъ продольная ось ихъ болѣе или менѣе параллельна поперечному діаметру сосочка.

Во всѣхъ сосочкахъ, въ томъ числѣ и въ сосочкахъ съ Мейснеровыми тѣльцами, имѣются, какъ это вполнѣ вѣрно описалъ Ruffini, петли капилляровъ и нервныя развѣтвленія, отнесенныя Ruffini къ сосудодвигательнымъ нервамъ (фиг. 14, 16, 22 и др.).

Кромѣ того, вмѣстѣ съ Мейснеровыми тѣльцами въ сосочкахъ помѣщаются еще, по наблюденіямъ Ruffini, особые нервныя аппараты, названныя послѣднимъ «сосочковыми кистями» (*flocchetti papillari*), о чемъ будетъ сказано ниже болѣе подробно. Такимъ образомъ, не существуетъ ни безсосудистыхъ, ни лишенныхъ нервовъ сосочковъ, и мнѣ не разъ приходилось видѣть капилляры даже въ такихъ сосочкахъ, которые почти цѣликомъ были заняты колоссальными Мейснеровыми тѣльцами; соединительнотканная основа каждого такого сосочка была оттѣснена тѣльцемъ къ периферіи сосочка и, тѣмъ не менѣе, въ этомъ тонкомъ слоѣ соединительной ткани помѣщались петли капилляровъ.

Способъ окончанія нервовъ въ Мейснеровыхъ тѣльцахъ, какъ было замѣчено выше, былъ довольно подробно изученъ и описанъ мною¹⁾ еще въ 1892 г., послѣ чего мои наблюденія были подтверждены А. Смирновымъ²⁾ и въ особенности Ruffini³⁾; но какъ мною, такъ и поименованными изслѣдователями за Мейснеровы тѣльца признавались далеко не тождественныя съ ними по способу окончанія нервовъ образованія и не было обращено вниманія на то, что въ типичныхъ Мейснеровыхъ тѣльцахъ имѣются два совершенно отличныхъ другъ отъ друга нервныхъ аппарата.

Мною уже было замѣчено выше, что нервныя стволы и вѣточки, идущіе отъ основ-

1) Л. с., стр. 16.
Записки Физ.-Мат. Отд.

2) Л. с., стр. 10.

3) Л. с., стр. 1.

ного нервнаго сплетенія, постепенно дѣлясь и анастомозируя другъ съ другомъ, достигаютъ поверхностной части *str. retic. corii* и здѣсь образуютъ такъ называемое поверхностное сплетеніе. Различной толщины мякотныя нервныя волокна, входящія въ составъ этого сплетенія, переходятъ изъ одной вѣточки въ другія и подвергаются на своемъ пути дѣленію, при чемъ нѣкоторыя изъ нихъ (тонкія волокна) даже теряютъ мякотную оболочку. Затѣмъ волокна оставляютъ данное сплетеніе то въ видѣ отдѣльных мякотныхъ и безмякотныхъ волоконъ, то въ формѣ цѣлыхъ пучковъ и, извиваясь въ бѣльшей или меньшей степени, идутъ отвѣсно и косо частью къ сосочкамъ, частью къ эпителиальнымъ валикамъ. Въ сосочкахъ съ типичными Мейснеровыми тѣльцами многія изъ толстыхъ мякотныхъ волоконъ направляются къ тѣльцамъ, при чемъ къ каждому тѣльцу, смотря по его размѣрамъ, подходит то одно (фиг. 13, 15, 20, 21 и др.), то чаще всего нѣсколько — 2, 3, 4, 5 и даже бѣльшее количество волоконъ (фиг. 13, 14, 16, 17 и др.). Слѣдя за ходомъ этихъ волоконъ въ указанномъ выше сплетеніи, нерѣдко удается замѣтить, что 2—3 изъ нихъ возникли отъ дѣленія одного основнаго волокна. Кромѣ того, на нѣкоторыхъ препаратахъ можно видѣть, какъ то или другое мякотное волокно дѣлится Т или Y-образно въ означенномъ сплетеніи на 2—3 волокна, которыя затѣмъ направляются къ 2—3 тѣльцамъ, лежащимъ въ разныхъ сосочкахъ (фиг. 13). Такимъ образомъ, одно основное волокно, подвергаясь дѣленію, не только можетъ снабжать нѣсколькими волокнами одно и тоже тѣльце, но и помимо того, оно еще посылаетъ отдѣльныя волокна къ 2—3 и, вѣроятно, бѣльшему количеству тѣлецъ, т. е. по отношенію къ Мейснеровымъ тѣльцамъ мы видимъ повтореніе того же, что наблюдается вообще по отношенію ко всѣмъ, какъ чувствующимъ, такъ и двигательнымъ нервнымъ аппаратамъ.

Обыкновенно въ томъ случаѣ, когда тѣльце получаетъ нѣсколько волоконъ, эти послѣднія являются вѣточками 2-хъ, а иногда и 3-хъ основныхъ волоконъ, а, слѣдовательно, въ каждомъ такомъ тѣльцѣ оканчиваются вѣточки нѣсколькихъ подобныхъ волоконъ. Въ пользу этого говоритъ то, что мнѣ часто приходилось видѣть, какъ изъ числа 3—4 волоконъ, подходящихъ къ тѣльцу, одно, два, достигнувъ поверхностнаго нервнаго сплетенія, направлялись въ немъ въ одну, а остальные — въ другую совершенно противоположную стороны, при чемъ какъ за тѣми, такъ и за другими можно было слѣдить на значительномъ протяженіи и констатировать принадлежность ихъ различнымъ основнымъ волокнамъ.

Волокна, отдѣлившіяся отъ нервнаго сплетенія и подходящія къ тѣльцу, часто на бѣлье или менѣе близкомъ разстояніи отъ послѣдняго вновь подвергаются дѣленію, вслѣдствіе чего первоначальное количество ихъ увеличивается. Обыкновенно волокна подходятъ то къ нижнему полюсу тѣльца, то сбоку его, на бѣлье или менѣе близкомъ разстояніи отъ полюса тѣльца, то, наконецъ, къ верхнему его отдѣлу (къ верхней трети тѣльца). Если тѣльце получаетъ только одно нервное волокно, то это послѣднее, достигнувъ нижняго полюса тѣльца или подойдя къ нему сбоку, теряетъ неврилемму и мякоть, послѣ чего осевой цилиндръ проникаетъ подъ оболочку тѣльца и здѣсь или прямо вступаетъ въ полость тѣльца (фиг. 13, 21, 22, 27), или же сначала вилообразно дѣлится на 2—3 вѣтви (фиг. 15). Но

нерѣдко волокно, подойдя къ тѣльцу снизу или сбоку, не теряетъ мягкости и дѣлится на два волокна, изъ которыхъ одно извивается по поверхности тѣльца и, пройдя извѣстное разстояніе, вновь раздѣляется на 2—3 волокна, или же все волокно, до вступленія своего въ тѣльце, предварительно извивается по его поверхности; на этомъ пути оно иногда подвергается дѣленію и затѣмъ лишь, сдѣлавъ вокругъ тѣльца одинъ, два оборота, теряетъ свои оболочки и проникаетъ въ полость. Въ томъ случаѣ, когда осевой цилиндръ проникъ въ тѣльце со стороны его нижняго полюса, то обыкновенно одинъ изъ его вѣточекъ распределяются въ нижнихъ, другія въ среднихъ, а третьи — въ верхнихъ отдѣлахъ, или долькахъ, тѣльца, или же одна, двѣ вѣточки снабжаютъ собою дольки нижней, а остальные — дольки верхней половины тѣльца. Наконецъ, если волокно входитъ въ тѣльце сбоку, ближе къ тому или другому изъ его полюсовъ, то осевой цилиндръ сперва дѣлится на нѣсколько (2—3) вѣточекъ, послѣ чего одинъ изъ нихъ направляются къ верхней, а другія къ нижней половинѣ тѣльца; пройдя небольшое разстояніе, каждая изъ нихъ вновь распадается на 2—3 вѣточки, которыя распределяются въ долькахъ соотвѣтственной половины. Иногда осевой цилиндръ, не дѣлясь, опускается внизъ — къ нижней долкѣ — и здѣсь уже дѣлится на нѣсколько вѣточекъ, направляющихся къ долькамъ (фиг. 22).

Въ полости тѣльца или каждой изъ его долекъ вѣточки, возникшія отъ дѣленія осевого цилиндра, извиваются на подобіе спирали, обороты которой въ одномъ мѣстѣ тѣльца или въ одной долкѣ являются частыми, между тѣмъ какъ въ другомъ мѣстѣ или въ другихъ его долькахъ они кажутся болѣе рѣдкими, т. е. вѣточки образуютъ то сильно свернутую, то болѣе или менѣе развернутую спираль (фиг. 15, 16, 18, 19 и др.). Обыкновенно нѣкоторые изъ изгибовъ спирали имѣютъ болѣе, другіе — менѣе діаметръ, а самыя вѣточки достигаютъ довольно значительной толщины и являются нѣсколько сплюснутыми, сдавленными, при чемъ мѣстами онѣ становятся шире и толще. Эти мѣстныя расширенія изогнутыхъ спиралью вѣточекъ могутъ имѣть самую разнообразную — овальную, округленную и веретенообразную форму (фиг. 15, 16, 18, 19 и др.), или же принимаютъ видъ треугольных и многоугольных то болѣе, то менѣе толстыхъ пластинокъ (фиг. 22). Размѣры утолщеній и расширеній также различны, какъ и форма ихъ, и рядомъ съ мелкими — мы находимъ сравнительно очень крупныя и толстыя расширенія; но вообще, нужно сказать, что величина и толщина ихъ стоитъ въ прямой связи съ шириною и толщиной самыхъ вѣточекъ. Описываемыя вѣточки во время своего хода не разъ подвергаются дѣленію, которое чаще всего происходитъ на мѣстѣ того или другого изъ утолщеній или расширеній, при чемъ возникшія вновь вѣточки извиваются, подобно вышеуказаннымъ, также усажены утолщеніями и нерѣдко переходятъ изъ одной дольки тѣльца въ другія, гдѣ онѣ дѣлаютъ нѣсколько туровъ (фиг. 15, 18, 21, 22, 27). Каждая изъ этихъ вѣточекъ, въ свою очередь, можетъ отдавать отъ себя нѣсколько, часто опять дѣлящихся и изгибающихся спиралью или змѣевидно болѣе тонкихъ вѣточекъ, которыя въ сложныхъ тѣльцахъ переходятъ изъ одной — въ другія, сосѣднія дольки.

Такимъ образомъ, какъ полость простого, такъ равно и полость каждой дольки слож-

наго тѣльца заняты многочисленными оборотами многократно дѣлящихся вѣточекъ, на которыя постепенно распадается осевой цилиндръ нервнаго волокна, вступивъ въ данное тѣльце. Большинство оборотовъ, дѣлаемыхъ вѣточками, идутъ то болѣе, то менѣе параллельно поперечному діаметру тѣльца, но рядомъ съ этимъ имѣются и такіе обороты, которые идутъ въ косомъ направленіи и пересѣкаются различнымъ образомъ съ параллельными оборотами. Часто въ однѣхъ долькахъ тѣльца петли, образуемыя нервными вѣточками, идутъ перпендикулярно, а въ другихъ болѣе или менѣе косо — къ продольной его оси; въ небольшихъ тѣльцахъ, продольная ось которыхъ совпадаетъ съ поперечнымъ діаметромъ сосочка, нервныя вѣточки изгибаются болѣе или менѣе параллельно поперечному діаметру тѣльца. Иногда та или другая вѣточка, не дѣлясь, поднимается изъ полости одной дольки въ полость другой сосѣдней дольки и въ ней уже извивается и подвергается дѣленію. Въ иныхъ опять случаяхъ нервная вѣточка извивается и проходитъ черезъ нѣсколько долекъ, на этомъ пути отдаетъ въ каждую дольку боковыя, петлевидно изогнутыя вѣточки и затѣмъ, достигнувъ самой верхней или нижней дольки, окончательно распадается на нѣсколько вѣточекъ.

Что касается тѣлецъ, въ которыхъ оканчивается нѣсколько волоконъ, то эти послѣднія подходятъ къ каждому изъ подобныхъ тѣлецъ цѣлымъ пучкомъ (фиг. 13, 14, 16, 18), или же въ видѣ отдѣльныхъ волоконъ (фиг. 17, 21 А). Въ первомъ случаѣ пучокъ, состоящій изъ нѣсколькихъ волоконъ, подходитъ къ нижнему полюсу тѣльца, при чемъ здѣсь одни изъ волоконъ (1—2 волокна) теряютъ мякоть, послѣ чего осевые цилиндры ихъ вступаютъ въ нижнія дольки и въ нихъ развѣтвляются указаннымъ выше образомъ; другія волокна пучка сначала обыкновенно идутъ по поверхности тѣльца, нерѣдко виллообразно дѣлятся или обвиваютъ тѣльца однимъ, двумя оборотами, а затѣмъ уже то въ средней, то въ верхней его трети теряютъ мякоть, проникаютъ въ дольки и оканчиваются въ нихъ извѣстнымъ образомъ. Иногда 2—3 волокна подходятъ пучкомъ къ полюсу тѣльца, а одно волокно, отдѣлившись отъ описаннаго выше поверхностнаго нервнаго сплетенія, входитъ въ сосочекъ отдѣльно отъ остальныхъ волоконъ, идетъ сначала вдали отъ тѣльца, часто по периферіи сосочка, и, пройдя такимъ образомъ значительное разстояніе, подходитъ затѣмъ къ средней или верхней трети тѣльца; здѣсь оно виллообразно дѣлится, послѣ чего уже каждая вѣточка проникаетъ въ тѣльце и развѣтвляется въ долькахъ, изъ которыхъ составлена средняя или верхняя части послѣдняго (фиг. 16).

Въ томъ случаѣ, когда волокна подходятъ къ тѣльцу не пучкомъ, а въ видѣ отдѣльныхъ волоконъ, послѣднія отдѣляются отъ поверхностнаго нервнаго сплетенія въ разныхъ мѣстахъ, нѣкоторыя изъ нихъ даже довольно далеко отъ того сосочка, въ который они потомъ вступаютъ, и направляются, извиваясь, къ тому или другому тѣльцу. Затѣмъ часто одно изъ волоконъ, достигнувъ нижняго полюса тѣльца и потерявъ мякоть, входитъ въ нижнюю дольку, другое волокно — въ слѣдующую, вышележащую дольку, а третье извивается сначала по поверхности тѣльца. Приблизительно въ средней части тѣльца оно виллообразно дѣлится, при чемъ обѣ вѣточки проникаютъ въ третью снизу дольку; здѣсь одна изъ нихъ, болѣе короткая вѣточка, развѣтвляется въ данной долкѣ, а другая вступаетъ

въ остальные, вышележащія дольки и постепенно отдаетъ къ нимъ вѣточки (фиг. 17). Далѣе, не рѣдки случаи, когда одно, два волокна проникаютъ въ тѣльце со стороны нижняго его полюса и развѣтвляются въ нижней половинѣ или въ нижнихъ $\frac{2}{3}$ тѣльца, а остальные волокна направляются къ верхней половинѣ или $\frac{1}{3}$ тѣльца и оканчиваются въ долькахъ означенной части послѣдняго. Кромѣ того, мнѣ приходилось наблюдать, какъ нѣсколько волоконъ вступали въ тѣльце со стороны его нижняго полюса и оттуда уже, постепенно дѣлясь, снабжали своими вѣтвями всѣ дольки тѣльца. Иногда то или другое тѣльце получаетъ 3 отдѣльныхъ волокна, при чемъ одно изъ нихъ, достигнувъ боковой части нижней дольки, дѣлится на 2 вѣтви: одна вѣтьвь, пройдя небольшое разстояніе, вступаетъ въ тѣльце и тотчасъ же распадается на двѣ новыхъ вѣточки (фиг. 18), изъ которыхъ одна направляется внизъ и развѣтвляется въ нижней долкѣ, а другая идетъ вверхъ — къ остальнымъ долькамъ — и снабжаетъ ихъ своими развѣтвленіями вплоть до самой верхней дольки. Что касается другой вѣтви, то она, помѣщаясь сбоку тѣльца, направляется къ верхушкѣ послѣдняго, проникаетъ въ самую верхнюю дольку и оттуда спускается внизъ, постепенно отдавая на своемъ пути вѣточки. Другое нервное волокно, подобно первому, достигнувъ сбоку верхней части нижней дольки, вступаетъ въ нее и частью развѣтвляется въ ней, частью отдаетъ вѣточки въ вышележащія дольки. Наконецъ, третье волокно теряетъ мягкость на довольно значительномъ разстояніи отъ тѣльца, послѣ чего распадается на нѣсколько сравнительно тонкихъ варикозныхъ нитей, которыя прилегаютъ къ поверхности тѣльца, направляются цѣлымъ пучкомъ къ самой верхней изъ его долекъ, затѣмъ проникаютъ въ тѣльце и оканчиваются въ верхнихъ его долькахъ (фиг. 18).

Изъ всего сказаннаго видно, что нервныя волокна могутъ проникать въ тѣльца самымъ различнымъ образомъ, но тѣмъ не менѣе сколько бы отдѣльныхъ волоконъ ни получало данное тѣльце, мнѣ никогда не приходилось видѣть, чтобы развѣтвленія одного нервнаго волокна распредѣлялись бы исключительно лишь въ одной долкѣ — всегда нѣкоторыя изъ вѣточекъ проникали въ сосѣднія дольки. Если же иногда и получаютъ картины, указывающія на то, что, повидимому, развѣтвленія того или другого волокна не выходятъ за предѣлы извѣстной дольки, какъ, напр., это видно на фиг. 17, то это есть лишь результатъ неполной окраски нервовъ метиленовою синью.

Снабжается ли тѣльце однимъ или многими нервными волокнами, осевые цилиндры послѣднихъ, развѣтвляясь и извиваясь на подобіе спиралей въ полости тѣльца, не оканчиваются въ ней свободно: они, какъ это впервые было указано мною¹⁾, потомъ Смирновымъ²⁾ и, въ послѣднее время Ruffini³⁾, соединяются между собою при помощи различной длины и толщины боковыхъ вѣточекъ и нитей, которыя часто идутъ въ отвѣсномъ или косомъ направленіи отъ одной къ другимъ выше и ниже лежащимъ вѣточкамъ и образуютъ въ общемъ своеобразный клубокъ связанныхъ между собою нервныхъ вѣточекъ и нитей (фиг. 15, 16, 18, 19, 22). Въ сложныхъ тѣльцахъ клубокъ этотъ представляется какъ бы раз-

1) Л. с., стр. 16.

2) Л. с., стр. 10.

3) Л. с., стр. 1.

битымъ, соотвѣтственно количеству долекъ, на опредѣленное число связанныхъ между собою участковъ, составленныхъ изъ изогнутыхъ извѣстнымъ образомъ и соединяющихся другъ съ другомъ нервныхъ вѣточекъ. Среди массы нервныхъ вѣточекъ, возникшихъ отъ распада осевыхъ цилиндровъ нервныхъ волоконъ въ каждомъ тѣльцѣ, въ дѣйствительности нѣтъ такихъ, которыя оканчивались бы свободно какой-бы то ни было формы утолщеніями. Всѣ подобнаго рода окончанія являются или результатомъ неполной окраски нервного аппарата въ данномъ тѣльцѣ или происходятъ оттого, что нѣкоторыя изъ вѣточекъ перерѣзаны или, наконецъ, разнообразныя изгибы, дѣлаемые вѣточками часто и притомъ очень легко могутъ симулировать собою свободныя окончанія.

Благодаря многочисленнымъ изгибамъ и постепенному дѣленію нервныхъ вѣточекъ, вся почти полость тѣльца занята нервнымъ аппаратомъ; въ ней нѣтъ мѣста для какихъ бы то ни было другихъ элементовъ и ничтожныя промежутки, остающіеся между извивающимися вѣточками, вѣроятно, наполнены небольшимъ количествомъ лимфы. Сравнительно значительная толщина нервныхъ вѣточекъ, разнообразной формы расширенія и утолщенія, которыми онѣ усажены, и описываемые ими въ полости тѣльца спиралевидныя изгибы — все это характеризуетъ типичныя Мейснеровы тѣльца и даетъ возможность болѣе или менѣе легко отличить ихъ отъ другихъ нервныхъ аппаратовъ, заложенныхъ въ сосочкахъ кожи.

Кромѣ концевыхъ развѣтвленій осевыхъ цилиндровъ описанныхъ толстыхъ мякотныхъ волоконъ, въ Мейснеровыхъ тѣльцахъ оканчиваются еще и другого рода волокна. Они, въ отличіе отъ первыхъ, принадлежатъ чаще всего къ тонкимъ мякотнымъ волокнамъ, которыя, еще прежде чѣмъ оставить поверхностное нервное сплетеніе или вскорѣ по своемъ выходѣ изъ послѣдняго, теряютъ мякотную оболочку и въ видѣ то болѣе, то менѣе тонкихъ, гладкихъ или варикозныхъ волоконъ и нитей направляются въ сосочки. На своемъ пути означенныя волокна раньше или позднѣе присоединяются къ мякотнымъ волокнамъ, идущимъ къ Мейснеровымъ тѣльцамъ, и вмѣстѣ съ ними подходятъ къ нижнему полюсу или къ боковой части каждаго тѣльца. Обыкновенно многія изъ этихъ волоконъ, вскорѣ по выходѣ своемъ изъ нервного сплетенія, дѣлятся на 2, 3, 4 вѣточки, которыя направляются къ нѣсколькимъ сосочкамъ и въ нихъ уже присоединяются къ оканчивающимся въ тѣльцахъ толстымъ мякотнымъ волокнамъ (фиг. 21). Число описываемыхъ волоконъ, подходящихъ къ одному тѣльцу, бываетъ весьма различно и отчасти обусловливается величиною каждаго даннаго тѣльца: большія тѣльца получаютъ 3—4 волокна, къ небольшимъ же тѣльцамъ идутъ 1—2 волокна.

Направляясь къ тѣльцу, указанные волокна изгибаются, нерѣдко обвиваютъ нѣсколькими оборотами то или другое мякотное волокно и въ тоже время дѣлятся на большее или меньшее количество различной толщины варикозныхъ нитей (фиг. 20, 21). Послѣднія иногда вновь распадаются на еще болѣе тонкія варикозныя ниточки, вслѣдствіе чего въ подобныхъ случаяхъ вблизи тѣльца часто образуется нѣсколько (1—2) пучковъ различной толщины нитей, которые затѣмъ подходятъ къ тѣльцу снизу или сбоку (фиг. 25). Достигнувъ тѣльца,

описываемыя волокна или возникшія отъ ихъ дѣленія нити проникаютъ въ полость послѣдняго, гдѣ онѣ постепенно распадаются на множество тончайшихъ варикозныхъ ниточекъ. Ниточки эти располагаются между развѣтвленіями осевыхъ цилиндровъ мякотныхъ волоконъ, извиваются часто на подобіе спирали, на своемъ пути вновь многократно дѣлятся, причемъ возникшія отъ этого дѣленія ниточки идутъ подобно предыдущимъ, анастомозируютъ съ сосѣдними нитями и, въ концѣ концовъ, образуютъ въ полости тѣльца довольно густую сѣть (фиг. 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25). Большинство ниточекъ означенной сѣти извиваются болѣе или менѣе параллельно поперечному діаметру тѣльца, но рядомъ съ ними постоянно имѣются ниточки, идущія въ косомъ и отвѣсномъ, параллельномъ продольной оси тѣльца направленіи. Нерѣдко ниточки сѣти, какъ это видно на особенно удачно окрашенныхъ препаратахъ, находятся въ полости тѣльца въ такомъ огромномъ количествѣ и до такой степени перепутаны между собою, что благодаря имъ почти нельзя слѣдить за ходомъ тѣхъ толстыхъ вѣточекъ, которыми оканчиваются въ тѣлцѣ описанныя выше мякотныя волокна. Что сѣть, образуемая тонкими нервными ниточками, располагается не въ оболочкѣ тѣльца, а находится, дѣйствительно, въ его полости, вмѣстѣ съ концевыми развѣтвленіями толстыхъ мякотныхъ волоконъ, — въ этомъ не трудно убѣдиться, стоитъ лишь постепенно мѣнять фокусное разстояніе: тогда сѣть, составленная изъ описываемыхъ ниточекъ, обыкновенно выступаетъ ясно одновременно съ окончаніями указанныхъ волоконъ, при чемъ можно констатировать, что она имѣется во всей толщѣ (полости) тѣльца и что нити этой сѣти оплетаютъ собою сравнительно толстыя вѣточки, которыми оканчиваются означенныя выше волокна. Описываемая сѣть выступаетъ особенно отчетливо и ясно въ тѣхъ случаяхъ, когда концевыя развѣтвленія толстыхъ волоконъ окрасились слабо, или же когда они окрасились интенсивно не во всей полости тѣльца, а въ одной или нѣсколькихъ изъ его долекъ (фиг. 19, 22, 23, 24). При интенсивной и полной окраскѣ развѣтвленій означенныхъ волоконъ и при одновременной съ ними полной окраскѣ описываемой сѣти, вся полость даннаго тѣльца представляется до такой степени выполненною развѣтвленіями, которыми оканчиваются въ ней обоюроднаго рода нервныя волокна, что въ подобныхъ случаяхъ довольно трудно ориентироваться въ массѣ вѣточекъ и нитей и констатировать въ тѣлцѣ существованіе двухъ отличныхъ другъ отъ друга нервныхъ аппаратовъ.

Ruffini¹⁾ въ одной изъ своихъ работъ указываетъ на то, что вокругъ Мейсснеровыхъ тѣлецъ ему удалось видѣть сѣточку, составленную изъ тончайшихъ нервныхъ ниточекъ, которую онъ называетъ «*suffia reticulare*» и полагаетъ, что она должна быть аналогична тому нитчатому аппарату, который былъ впервые описанъ Тимофеевымъ²⁾ въ особаго вида концевыхъ тѣльцахъ. Въ виду того, что Ruffini видѣлъ непосредственную связь между нитями означенной сѣти и изогнутыми спирально вѣточками, которыми оканчиваются мякотныя волокна въ тѣльцахъ, онъ не согласенъ признать въ послѣднихъ существованіе двоякаго рода нервныхъ аппаратовъ.

1) L. c., стр. 1.

| 2) L. c., стр. 8.

Насколько это видно изъ приведенныхъ выше моихъ наблюденій, *сѣтъ тончайшихъ нервныхъ ниточекъ помѣщается не только по периферіи, но и внутри, въ полости самаго тѣльца, оплетаетъ собою сравнительно толстыя, извитыя спиралью вѣточки, которыми оканчиваются толстыя мякотныя волокна, при чемъ ниточки сѣти не анастомозируютъ съ означенными вѣточками и являются концевыми развѣтвленіями совершенно самостоятельныхъ волоконъ.* Прилагаемые рисунки говорятъ въ пользу этого лучше всякаго описанія; къ сожалѣнію, я слишкомъ плохой художникъ для того, чтобы вполне передать тѣ чудныя картины, какія приходится наблюдать въ дѣйствительности и на основаніи которыхъ можно убѣдиться въ правильности сдѣланныхъ мною выводовъ.

Признавая въ Мейсснеровыхъ тѣльцахъ существованіе двухъ самостоятельныхъ и отличныхъ другъ отъ друга нервныхъ аппаратовъ, я, понятно, долженъ былъ коснуться вопроса о томъ, къ какой категоріи слѣдуетъ отнести мякотныя волокна, оканчивающіяся въ тѣльцахъ описанною выше сѣтью. Нѣкоторыя данныя, мнѣ кажется, могутъ рѣшить этотъ вопросъ до извѣстной степени.

Изучая тщательно означенныя волокна, я замѣтилъ, что отъ нихъ то у самаго основанія тѣльца, то на большемъ или меньшемъ разстояніи отъ него отдѣляются различной толщины нити, которыя направляются не къ тѣльцу, а въ соединительнотканый сосочекъ (фиг. 21). Пройдя извѣстное разстояніе въ сосочкѣ, указанныя нити распадаются на цѣлый пучокъ тонкихъ варикозныхъ ниточекъ, который идетъ, извиваясь, по направленію къ верхушкѣ сосочка и, на своемъ пути, благодаря постепенному дѣленію составляющихъ его ниточекъ, раздѣляется на нѣсколько новыхъ, часто въ свою очередь дѣлящихся пучковъ. Ниточки, входящія въ составъ этихъ пучковъ, анастомозируютъ между собою, а самые пучки изгибаются въ сосочкѣ и составляютъ разнообразной формы петли. Описываемыя петли ниточекъ вполне аналогичны тѣмъ нервнымъ аппаратамъ, которые Ruffini причисляетъ къ нервамъ сосудовъ сосочковъ и о которыхъ я буду говорить ниже болѣе подробно. Нѣкоторые изъ этихъ пучковъ ниточекъ помѣщаются въ сосочкахъ непосредственно подъ эпителиемъ, при чемъ отъ нихъ отдѣляются тонкія варикозныя ниточки, которыя проникаютъ въ эпителий и въ немъ вновь распадаются на множество ниточекъ. Последнія располагаются обыкновенно въ промежуткахъ между эпителиальными клѣтками и, соединяясь другъ съ другомъ, оплетаютъ клѣтки.

Далѣе, я¹⁾ уже давно, еще въ первой своей работѣ, обратилъ вниманіе, что черезъ верхній полюсъ многихъ Мейсснеровыхъ тѣлецъ выходятъ тонкія варикозныя нервныя ниточки, которыя нерѣдко мнѣ удавалось прослѣдить на довольно большомъ протяженіи и констатировать, какъ онѣ проникаютъ въ эпителий и вѣтвятся въ немъ. Въ то время мнѣ казалось, что означенныя нити отдѣляются отъ спирально изогнутыхъ нервныхъ вѣточекъ, которыми оканчиваются въ тѣльцахъ толстыя мякотныя волокна. Теперь тщательное изученіе отношенія этихъ нитей къ нервному аппарату Мейсснеровыхъ тѣлецъ показало мнѣ,

1) Л. с., стр. 16.

что онѣ отдѣляются отъ нитей, оплетающихъ развѣтвленія осевыхъ цилиндровъ мякотныхъ волоконъ, съ которыми указанная нить не имѣютъ ничего общаго. Наконецъ, иногда мнѣ приходилось видѣть, какъ то или другое тонкое мякотное волокно, на извѣстномъ разстояніи отъ основанія сосочка или у самаго его основанія, дѣлилось на двѣ вѣтви: мякотную и безмякотную, при чемъ послѣдняя вскорѣ распадалась на пучокъ тонкихъ нитей, которыя вступали въ тѣльце со стороны его нижняго полюса и развѣтвлялись въ немъ, оплетая спирально извитыя вѣточки (фиг. 26). Что касается первой, мякотной вѣтви, то она вскорѣ теряла мякоть и затѣмъ распадалась на пучокъ петлеобразно изогнутыхъ и перепутанныхъ другъ съ другомъ варикозныхъ нитей, т. е. оканчивалась нервнымъ аппаратомъ, вполне аналогичнымъ тѣмъ аппаратамъ, которые Ruffini называетъ «сосочковыми кистями» — «*fiocchetti papillari*». Отъ указаннаго аппарата, помѣщающагося вблизи тѣльца, обыкновенно отдѣлялось нѣсколько нитей, проникающихъ въ тѣльце, гдѣ онѣ принимали участіе въ образованіи вышеописанной нервной сѣти.

Приведенныя наблюденія указываютъ намъ, что тонкія мякотныя волокна, теряющія мякоть на болѣе или менѣе значительномъ разстояніи отъ тѣлецъ и оканчивающіяся въ нихъ сѣтью, принадлежатъ къ тому же типу волоконъ, къ какому относятся волокна, оканчивающіяся въ сосочкахъ въ видѣ петель (вазомоторные нервы Ruffini) и въ формѣ «сосочковыхъ кистей» Ruffini.

Такимъ образомъ, необходимо признать, что въ типичныхъ тѣльцахъ Мейсснера имѣются два нервныхъ аппарата, при чемъ въ образованіи каждаго изъ нихъ принимаютъ участіе совершенно отличныя другъ отъ друга чувствующія волокна. Одни — толстыя мякотныя волокна, оканчиваются въ тѣльцѣ клубочкомъ, составленнымъ изъ спирально изогнутыхъ и связанныхъ между собою болѣею частью широкихъ вѣточекъ, усаженныхъ различной величины и формы мѣстными расширениями и утолщеніями. Другія — тонкія мякотныя волокна, теряютъ мякоть въ большинствѣ случаевъ на значительномъ разстояніи отъ сосочковъ и распадаютъ на различной толщины варикозныя нити, которыя вступаютъ въ сосочки то пучкомъ, то отдѣльно, при чемъ нѣкоторыя изъ нихъ оканчиваются въ сосочкахъ, а другія проникаютъ въ Мейсснеровы тѣльца. Въ каждомъ тѣльцѣ означенныя нити распадаютъ на множество тончайшихъ ниточекъ, которыя образуютъ сѣть, оплетающую концевыя развѣтвленія волоконъ перваго рода. Отъ означенной сѣти отдѣляются ниточки, выходящія изъ тѣльца со стороны верхняго его полюса, и оканчиваются въ эпителии.

5. Видоизмѣненныя тѣльца Мейсснера (фиг. 28—32), насколько мнѣ извѣстно изъ литературныхъ данныхъ, до сихъ поръ еще никѣмъ не были описаны и встрѣчаются въ сосочкахъ въ простой и болѣе сложной формѣ, между которыми, повидимому, существуетъ рядъ переходныхъ формъ къ типичнымъ Мейсснеровымъ тѣльцамъ. Они попадаются значительно рѣже Мейсснеровыхъ тѣлецъ, но тѣмъ не менѣе я находилъ ихъ въ каждомъ разрѣзѣ кожи. Несмотря на сходство ихъ (въ особенности сложныхъ формъ этихъ тѣлецъ) съ Мейсснеровыми тѣльцами, благодаря которому они до сихъ поръ смѣшивались съ послѣдними, все-

таки между ними существует настолько рѣзкое отличіе, что, мнѣ кажется, тѣльца эти необходимо выдѣлить въ отдѣльную группу нервныхъ аппаратовъ.

Каждое изъ описываемыхъ тѣлецъ представляетъ собою, если можно такъ выразиться, смѣсь инкапсулированнаго нервнаго аппарата съ неинкапсулированнымъ, при чемъ первый отдѣлъ является нѣсколько видоизмѣненнымъ Мейсснеровымъ тѣльцамъ, а второй—имѣетъ совершенно своеобразный характеръ.

Простыя формы этихъ нервныхъ аппаратовъ устроены слѣдующимъ образомъ: одно толстое мякотное волокно, отдѣлившись отъ поверхностнаго нервнаго сплетенія, направляется въ одинъ изъ сосочковъ и на извѣстномъ разстояніи отъ него или въ нижней части сосочка теряетъ мякотную оболочку. Затѣмъ толстый болѣе или менѣе сплюснутый осевой цилиндръ извивается волнообразно и, занимая приблизительно осевую часть сосочка, направляется къ верхушкѣ послѣдняго; въ верхней части нижней трети или чаще въ средней трети сосочка отъ осевого цилиндра отдѣляются одна, двѣ, три или четыре вѣточки различной толщины (фиг. 28, 29). Означенныя вѣточки усажены веретенообразной и круглой формы утолщеніями и, отдѣлившись отъ осевого цилиндра, тотчасъ же извиваются различнымъ образомъ и распадаются на своемъ пути на нѣсколько повторно дѣлящихся и изогнутыхъ вѣточекъ, которыя соединяются между собою и составляютъ нервный клубокъ; размеры послѣдняго зависятъ отъ количества вѣточекъ, участвующихъ въ его образованіи. Весь клубокъ окружается довольно тонкою соединительнотканною оболочкою и вполне походитъ на часть нервнаго аппарата Мейсснера тѣльца, заключающагося въ одной его долькѣ. Отдавъ нѣсколько боковыхъ вѣточекъ, идущихъ на образованіе клубочка, осевой цилиндръ направляется дальше къ верхушкѣ сосочка, на этомъ пути дѣлаетъ большее или меньшее количество изгибовъ и на извѣстномъ разстояніи отъ верхушки распадается на 3—4 вѣточки. Послѣднія имѣютъ довольно значительную толщину, кажутся нѣсколько сплюснутыми и усаженными веретенообразными и круглыми варикозностями, при чемъ тотчасъ же дѣлятся на нѣсколько подобныхъ же вѣточекъ, которыя идутъ къ самой верхушкѣ сосочка, изгибаются различнымъ образомъ и во время своего хода вновь постепенно подвергаются дѣленію на много вѣточекъ. Означенныя вѣточки извиваются подобно предыдущимъ и образуютъ перепутанныя и связанные между собою петли; въ концѣ концовъ всѣ вѣточки, на которыя распался осевой цилиндръ, составляютъ густой и большой клубокъ, выполняющій собою всю верхушку сосочка и внѣшней своей стороною, обращенной къ эпителию, непосредственно прилегающій къ послѣднему (фиг. 29). Обыкновенно нѣкоторыя изъ вѣточекъ выходятъ за предѣлы верхушки сосочка, опускаются болѣе или менѣе косо внизъ, часто на этомъ пути дѣлятся и затѣмъ, пройдя иногда довольно значительное разстояніе и образовавъ петли, опять возвращаются въ клубочекъ. Нерѣдко та или другая вѣточка, выйдя изъ клубочка, распадается на 2—3 короткія вѣточки, которыя вслѣдствіе неполной окраски метиленовою синью, кажутся какъ-бы оканчивающимися свободно и не возвращаются снова въ клубочекъ. Далѣе, нерѣдки случаи, когда осевой цилиндръ не распадается на вѣточки, идущія на образованіе клубочка, а направляется, извиваясь, почти вплоть до

самой периферіи верхушки сосочка и стелется по периферіи послѣдняго, помѣщаясь непосредственно подъ эпителиемъ (фиг. 28); на этомъ пути онъ извивается и отдаетъ нѣсколько толстыхъ боковыхъ вѣточекъ, послѣ чего уже самъ распадается на извѣстное количество такихъ же вѣточекъ. Каждая изъ означенныхъ вѣточекъ подвергается дѣленію на бѣльшее или меньшее число новыхъ, изогнутыхъ и усаженныхъ варикозностями вѣточекъ, которыя въ свою очередь дѣлятся, анастомозируютъ между собою и лежатъ подъ эпителиемъ въ самой периферической части верхушки сосочка (фиг. 28).

Что касается *сложныхъ формъ* описываемыхъ тѣлецъ (фиг. 30), то эти формы ихъ очень походятъ на типичныя Мейсснеровы тѣльца, имѣютъ, подобно имъ, различную величину и, насколько я могъ замѣтить, удлиненную, колбасовидную форму, при чемъ тѣльце занимаетъ или осевую часть сосочка, или же лежитъ ближе то къ той, то къ другой изъ его боковыхъ поверхностей.

Къ каждому тѣльцу обыкновенно подходит одно толстое мякотное нервное волокно или сравнительно рѣдко — 2—3 волокна. Послѣднія въ большинствѣ случаевъ теряютъ мякоть на извѣстномъ, часто очень значительномъ разстояніи отъ нижняго полюса тѣльца и въ видѣ толстыхъ болѣе или менѣе сплюснутыхъ осевыхъ цилиндровъ вступаютъ въ тѣльце со стороны нижняго его полюса, или же предварительно идутъ вдоль тѣльца, по его поверхности, и входятъ въ него въ верхней или средней части. Иногда нервное волокно, потерявъ мякоть на большомъ разстояніи отъ тѣльца, вилообразно дѣлится на 2—3 варикозныхъ вѣтви, которыя направляются къ нижнему полюсу тѣльца, въ нѣкоторыхъ случаяхъ на своемъ пути вновь дѣлятся, и затѣмъ проникаютъ въ тѣльце; обыкновенно одна изъ этихъ вѣточекъ постоянно сохраняетъ бѣльшую толщину, чѣмъ остальные, и является какъ-бы непосредственнымъ продолженіемъ осевого цилиндра (фиг. 30).

Въ томъ случаѣ, когда осевой цилиндръ вступаетъ въ тѣльце со стороны нижняго его полюса, онъ идетъ въ немъ по направленію кверху, дѣлаетъ во время своего хода цѣлый рядъ изгибовъ разнообразной величины и формы, т. е., иначе говоря, осевой цилиндръ, находясь въ полости тѣльца, получаетъ видъ спирали, мѣстами болѣе сильно свернутой, мѣстами болѣе или менѣе сильно развернутой (фиг. 30). Отъ изогнутаго такимъ образомъ осевого цилиндра постепенно отдѣляется множество вѣточекъ и нитей, которыя извиваются самымъ разнообразнымъ способомъ, дѣлятся вновь на извѣстное количество также изогнутыхъ и повторно дѣлящихся вѣточекъ. Изгибы, дѣлаемые описываемыми вѣточками и нитями, стоятъ въ различномъ отношеніи къ продольной оси тѣльца: нѣкоторыя изъ нихъ болѣе или менѣе перпендикулярны къ послѣдней, нѣкоторыя — идутъ косо, но рядомъ съ этимъ постоянно имѣются и такого рода вѣточки и нити, которыя идутъ то болѣе, то менѣе параллельно продольной оси тѣльца (фиг. 30). Вѣточки обыкновенно имѣютъ незначительную толщину и усажены сравнительно мелкими веретенообразной и неправильной формы варикозностями. Несмотря на то, что одинъ или нѣсколько (2—3) осевыхъ цилиндровъ, проникнувшихъ въ эти тѣльца, изгибаясь въ нихъ различнымъ образомъ, отдаютъ на своемъ пути массу вѣточекъ и нитей, тѣмъ не менѣе они, если можно такъ выразиться, не теряютъ

своей индивидуальности, т. е. мы въ состояніи прослѣдить ихъ внутри каждаго тѣльца, отъ мѣста вступленія въ послѣднее, вплоть до верхней $\frac{1}{3}$ или $\frac{1}{4}$ тѣльца. На всемъ этомъ протяженіи осевые цилиндры кажутся въ видѣ болѣе или менѣе толстыхъ волоконъ, образующихъ мѣстами различной формы расширенія и утолщенія.

Развѣтвленія осевыхъ цилиндровъ отъ основанія до верхнихъ $\frac{2}{3}$ или $\frac{3}{4}$ тѣльца окружены довольно толстой, содержащей эластическія волокна соединительнотканной оболочкой, которая раздѣляетъ тѣлце на извѣстное количество участковъ, или долекъ; но затѣмъ дальше наблюдаются уже интересныя отклоненія въ ихъ строеніи, благодаря которымъ они рѣзко отличаются отъ типичныхъ Мейснеровыхъ тѣлецъ. Отклоненія эти прежде всего заключаются въ томъ, что каждое тѣлце утрачиваетъ свою оболочку, вслѣдствіе чего оно теряетъ характеръ инкапсулированнаго нервнаго аппарата, а вмѣстѣ съ тѣмъ и сходство съ Мейснеровыми тѣльцами (фиг. 30). Что касается осевыхъ цилиндровъ нервныхъ волоконъ, то какъ разъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ тѣлце лишается своей оболочки, т. е. въ верхнихъ его $\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$, они распадаются на нѣсколько довольно толстыхъ вѣточекъ. Послѣднія изгибаются различнымъ образомъ, перекрещиваются и соединяются другъ съ другомъ и многократно дѣлятся. Всѣ указанные вѣточки направляются къ верхушкѣ сосочка и, не будучи больше сдерживаемы оболочкою тѣльца, распредѣляются въ означенной части сосочка (фиг. 30); на своемъ пути онѣ распадаются на много въ свою очередь дѣлящихся вѣточекъ, которыя помѣщаются преимущественно въ самой периферической части сосочка, непосредственно подъ эпителиемъ, и нерѣдко образуютъ здѣсь особенно густую сѣть.

Въ подобныхъ случаяхъ вся верхушка сосочка является занятою (фиг. 30), такъ сказать, послѣдними развѣтвленіями осевыхъ цилиндровъ нервныхъ волоконъ, вступившихъ въ инкапсулированное сначала тѣлце. Иногда описываемыя развѣтвленія образуютъ въ верхушкѣ сосочка цѣлый рядъ петель, изъ которыхъ только нѣкоторыя располагаются непосредственно подъ эпителиемъ, другія же перепутываются между собою и не достигаютъ эпителиальнаго покрова сосочка.

Насколько я могъ замѣтить, первыя вѣточки, помѣщающіяся въ верхушкѣ сосочка и не окруженныя оболочкою, кажутся значительно толще (фиг. 30) тѣхъ развѣтвленій осевыхъ цилиндровъ, которыя окружены оболочкою, при чемъ мѣстами онѣ имѣютъ круглой, веретенообразной, грушевидной или многоугольной формы вздутія; послѣднія въ общемъ больше тѣхъ вздутій, которыми усажены нервныя вѣточки въ инкапсулированной части тѣльца.

Такимъ образомъ, всѣ только что перечисленныя особенности—меньшая толщина вѣточекъ въ инкапсулированной части тѣлецъ и отсутствіе крупныхъ пластинчатыхъ расширеній, присутствіе довольно толстой оболочки, охватывающей лишь нижнія $\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$ тѣлецъ и окончательное развѣтвленіе осевыхъ цилиндровъ въ самой ткани верхушки сосочковъ—все это вмѣстѣ взятое даетъ возможность довольно легко отличить описываемыя тѣльца отъ похожихъ на первый взглядъ на нихъ типичныхъ Мейснеровыхъ тѣлецъ.

Между описанными формами тѣлецъ и типичными Мейснеровыми тѣльцами, насколько

я могъ замѣтить, существуютъ переходныя формы. Тѣльца подобнаго рода окружены довольно толстою оболочкою, которая раздѣляетъ каждое тѣльце на нѣсколько (5—6) долекъ (фиг. 31). Къ нижнему полюсу тѣльца подходятъ то одно, то чаще два болѣе или менѣе толстыхъ осевыхъ цилиндра мякотныхъ волоконъ, потерявшихъ мякоть на извѣстномъ разстояніи отъ тѣльца. Обыкновенно осевые цилиндры проникаютъ въ тѣльце черезъ нижній его полюсъ, или же сначала извиваются вдоль тѣльца (фиг. 31), помѣщаясь по обѣ его стороны, и затѣмъ лишь вступаютъ въ полость тѣльца приблизительно въ нижней или средней его трети. Проникнувъ въ тѣльце, каждый осевой цилиндръ тотчасъ же дѣлится на 2—3 вѣточки, изъ которыхъ однѣ идутъ въ верхнія, а другія въ нижнія дольки, гдѣ онѣ постепенно распадаются на значительное количество различной толщины вѣточекъ (фиг. 31). Послѣднія извиваются различнымъ образомъ, соединяются другъ съ другомъ и, образовавъ петли, выполняютъ собою дольки точно такъ же, какъ это мы видѣли въ типичныхъ Мейснеровыхъ тѣльцахъ. Въ нѣкоторыхъ долькахъ вѣточки извиваются спирально и образуемая ими петли лежатъ болѣе или менѣе параллельно поперечному діаметру тѣльца, въ другихъ долькахъ петли распредѣляются неправильно. Самыя вѣточки обыкновенно усажены различной величины и формы утолщеніями и расширеніями (фиг. 31).

На первый взглядъ описываемые нервныя аппараты почти нельзя отличить отъ типичныхъ Мейснеровыхъ тѣлецъ, но если обратить вниманіе на верхушку этихъ тѣлецъ, то не трудно видѣть, что самая верхняя долька ихъ никогда не достигаетъ верхушки сосочка. Изъ указанной дольки обыкновенно выходятъ 1—2 довольно толстыхъ вѣточки, которыя направляются къ верхушкѣ сосочка, на своемъ пути изгибаются въ бѣльшей или меньшей степени и вблизи эпителия распадаются на нѣсколько изогнутыхъ и въ свою очередь дѣлящихся и связанныхъ другъ съ другомъ вѣточекъ (фиг. 31). Означенныя вѣточки находятся, какъ и въ описанныхъ выше формахъ этихъ тѣлецъ, внѣ оболочки тѣльца и лежатъ почти непосредственно подъ эпителиемъ. Кромѣ того, изъ верхнихъ долекъ выходятъ еще вѣточки, которыя направляются косо внизъ и, образовавъ петли, опять возвращаются въ ту или другую дольку (фиг. 31). Только что указанные особенности, а равно менѣе правильное распредѣленіе въ долькахъ петель, образуемыхъ развѣтвленіями осевыхъ цилиндровъ, и меньшая толщина самыхъ вѣточекъ отличаютъ описываемыя тѣльца отъ типичныхъ Мейснеровыхъ тѣлецъ.

Оканчиваются ли въ этихъ своеобразныхъ тѣльцахъ, помимо толстыхъ мякотныхъ нервныхъ волоконъ, еще и волокна другого рода, какъ это имѣетъ мѣсто въ типичныхъ Мейснеровыхъ тѣльцахъ,— на этотъ вопросъ я не могу пока дать положительнаго отвѣта; замѣчу лишь, что иногда въ простыхъ формахъ тѣлецъ мнѣ удалось замѣтить въ той или другой части (инкапсулированной или неинкапсулированной) нервного аппарата присутствіе тончайшихъ варикозныхъ ниточекъ, которыя, многократно дѣлясь и соединяясь другъ съ другомъ, оплетали собою на извѣстномъ протяженіи осевой цилиндръ (фиг. 28).

6) Тѣльца съ концевыми развѣтвленіями, усаженными листовидными расширеніями (фиг. 32, 33). Тѣльца эти располагаются исключительно лишь въ сосочкахъ кожи, имѣютъ овальную или

удлиненную (яйцевидную) форму, занимаютъ въ большинствѣ случаевъ осевую часть сосочковъ, при чемъ иногда кажутся болѣе или менѣе изогнутыми; они встрѣчаются такъ же часто, какъ и видоизмѣненныя тѣльца Мейсснера, т. е. почти въ каждомъ разрѣзѣ кожи ихъ можно найти нѣсколько. Описываемыя тѣльца окружены очень тонкой соединительнотканной оболочкой, которая незамѣтно переходитъ въ окружающую соединительную ткань сосочковъ и не раздѣляетъ тѣльца на дольки.

Къ каждому тѣлцу обыкновенно направляется одно толстое мякотное нервное волокно; послѣднее, достигнувъ сосочка, въ которомъ помѣщается тѣлце, или на довольно значительномъ разстояніи отъ сосочка, дѣлится предварительно на два мякотныхъ волокна. Каждое изъ этихъ волоконъ идетъ, изгибаясь, по направленію къ сосочку, вступаетъ въ послѣдній, при чемъ нерѣдко у основанія сосочка одно изъ волоконъ вновь вилообразно дѣлится на мякотную и безмякотную вѣточки (фиг. 32). Затѣмъ всѣ вѣточки, возникшія отъ дѣленія мякотнаго волокна, подходятъ къ нижнему полюсу тѣльца или чаще къ одной изъ боковыхъ его сторонъ и, помѣщаясь на извѣстномъ разстояніи другъ отъ друга и утративъ предварительно мякоть, вступаютъ въ тѣлце (фиг. 32). Внутри послѣдняго осевые цилиндры тотчасъ же распадаются на множество различной толщины нитей, которыя изгибаются въ разныхъ направленіяхъ и на своемъ пути опять подвергаются дѣленію на многочисленныя также извивающіяся и постепенно вѣтвящіяся нити. Всѣ нити перепутываются въ тѣлцѣ различнымъ образомъ другъ съ другомъ и въ тоже время соединяются между собою, вслѣдствіе чего, какъ это изображено на фиг. 32 и 33, получается цѣлый клубокъ нервныхъ нитей, расположенныхъ до такой степени тѣсно одна возлѣ другой, что между ними остаются ничтожной величины промежутки. Нити, образующія клубокъ, усажены небольшими многоугольной формы расширеніями — листочками, — отъ угловъ которыхъ въ свою очередь отходятъ тончайшія короткія ниточки къ сосѣднимъ расширеніямъ. Присутствіе означенныхъ расширеній придаетъ всему клубочку особенный, характерный видъ и даетъ возможность довольно легко отличить описываемые нервныя аппараты отъ другихъ нервныхъ аппаратовъ — въ томъ числѣ и отъ нѣсколько похожихъ на нихъ неинкапсулированныхъ нервныхъ клубочковъ.

Въ извѣстныхъ случаяхъ мякотное нервное волокно теряетъ мякотную оболочку на довольно большомъ разстояніи отъ основанія сосочка, въ которомъ заключено данное тѣлце, при чемъ отъ осевого цилиндра такого волокна отдѣляются 1—2 вѣточки; послѣднія дѣлятся постепенно на многочисленныя, анастомозирующія другъ съ другомъ нити (фиг. 33), между тѣмъ какъ самый осевой цилиндръ, достигнувъ нижняго полюса тѣльца, вступаетъ въ него и затѣмъ уже окончательно распадается на множество дѣлящихся и соединяющихся между собою нитей (фиг. 33).

На своихъ препаратахъ я не могъ замѣтить, несмотря на весьма удачную окраску нервовъ, чтобы въ только что описанныхъ тѣлцахъ оканчивались, помимо вышеуказанныхъ, еще какія либо другія нервныя волокна. Но зато на нѣкоторыхъ препаратахъ мнѣ удалось видѣть, какъ 1—2 иногда даже бѣльшее количество нервныхъ нитей проникали

у верхняго полюса тѣльца черезъ его тонкую оболочку и направлялись къ эпителию, гдѣ нѣкоторыя изъ нихъ часто входили въ промежутки между клѣтками *str. cylindricum* (фиг. 32).

7. Инкапсулированные нервные клубочки (фиг. 34, 35 и 36) представляютъ собою особые нервные аппараты, которые постоянно встрѣчаются въ сосочкахъ, наравнѣ съ другими вышеописанными аппаратами. Они, въ большинствѣ случаевъ, имѣютъ овальную или яйцевидную форму и различную величину: большія тѣльца, занимающія почти весь сосочекъ, и маленькія, помѣщающіяся въ верхнихъ $\frac{2}{3}$ сосочка. Каждое тѣльце окружено тонкой соединительнотканной оболочкой, которая однако не проникаетъ внутрь тѣльца и не разбиваетъ его на отдѣльныя дольки. На первый взглядъ подобное тѣльце походитъ на Мейсснерово тѣльце, но при надлежащей окраскѣ оканчивающихся въ немъ нервовъ не трудно замѣтить довольно рѣзкое различіе между обоимъ рода аппаратами.

Обыкновенно къ каждому изъ описываемыхъ тѣлецъ направляются одно или гораздо чаще два толстыхъ мякотныхъ волокна, которыя вступаютъ въ тѣльце со стороны нижняго или верхняго его полюсовъ, при чемъ предварительно теряютъ мякоть у самаго тѣльца или на незначительномъ разстояніи отъ него (фиг. 34, 35 и 36); лишь весьма рѣдко мнѣ приходилось видѣть, какъ нервныя волокна утрачивали мякотную оболочку сравнительно далеко отъ тѣльца. Достигнувъ того или другого тѣльца, нервныя волокна не стелятся предварительно по его поверхности, не обвиваютъ его однимъ или нѣсколькими оборотами, какъ это часто наблюдается въ Мейсснеровыхъ тѣльцахъ, а просто, лишившись мякоти, проникаютъ въ полость тѣльца въ видѣ сплюснутыхъ на подобіе ленты, болѣе или менѣе широкихъ осевыхъ цилиндровъ. Послѣдніе постепенно распадаются на много довольно широкихъ лентовидныхъ вѣточекъ, которыя изгибаются въ разныхъ направленіяхъ и образуютъ значительное количество различной длины и ширины перепутанныхъ другъ съ другомъ петель. Длинные, болѣе или менѣе изогнутыя колѣна этихъ петель идутъ параллельно, косо и поперечно къ продольной оси тѣльца, пересѣкая другъ друга различнымъ образомъ. Отъ указанныхъ петель въ свою очередь постепенно отдѣляется множество различной ширины вѣточекъ и тонкихъ нитей, которыя снова образуютъ известное количество петель, вдвинутыхъ въ промежутки между вышеописанными петлями, вслѣдствіе чего промежутки эти становятся уже. Сейчасъ упомянутыя вѣточки и нити, подобно предыдущимъ, снова подвергаются многократно дѣленію на новое количество петлеобразно изогнутыхъ вѣточекъ и нитей, которыми почти совсѣмъ заполняются еще оставшіеся свободными узкіе промежутки (фиг. 34, 35 и 36). Обыкновенно какъ на мѣстахъ дѣленія вѣточекъ, такъ равно и на остальномъ ихъ протяженіи располагаются различной величины многоугольной и веретенообразной формы расширенія и вздутія, а самыя вѣточки и нити соединяются другъ съ другомъ въ большинствѣ случаевъ короткими и тонкими ниточками. Такимъ образомъ, въ концѣ концовъ, получается цѣлый клубокъ, составленный изъ множества связанныхъ другъ съ другомъ и перепутанныхъ между собою вѣточекъ и нитей, имѣющихъ лентовидную форму и различную ширину и толщину; остающіеся между концевыми развѣт-

вленіями осевыхъ цилиндровъ незначительные промежутки, по всей вѣроятности, наполнены небольшимъ количествомъ лимфы.

Кромѣ только что описанныхъ сравнительно простыхъ формъ нервныхъ клубочковъ, иногда встрѣчаются и болѣе сложныя формы, которыя характеризуются тѣмъ, что со стороны верхняго полюса тѣльца выходятъ одна или нѣсколько вѣточекъ; послѣднія, пройдя небольшое разстояніе, распадаются на извѣстное количество изогнутыхъ и связанныхъ другъ съ другомъ болѣе тонкихъ вѣточекъ и нитей, которыя образуютъ новый — вторичный — клубочекъ (фиг. 36). Вторичные клубочки имѣютъ, по сравненію съ главнымъ клубочкомъ, меньшую величину и помѣщаются въ самой верхушкѣ сосочка. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, какъ это представлено на фиг. 34, одна, двѣ вѣточки, выйдя изъ тѣльца у его верхушки, не образуютъ новаго клубочка, а направляются къ эпителию и проникаютъ на большую или меньшую глубину въ промежутки между эпителиальными клѣтками *str. cylindricum*.

Повидимому, въ описываемыхъ тѣльцахъ оканчиваются лишь одного рода нервныя волокна, — по крайней мѣрѣ на своихъ препаратахъ я не могъ констатировать присутствія въ тѣльцахъ волоконъ другого рода, аналогичныхъ таковымъ же въ Фатеръ-Пачиніевыхъ, Golgi-Mazzoni и др. тѣльцахъ. Если теперь мы сравнимъ только что описанные нервные аппараты съ извѣстными формами генитальныхъ нервныхъ тѣлецъ, описанныхъ мною¹⁾ и представленныхъ на фиг. 9, табл. XXXIII, то увидимъ, что между ними и послѣдними существуетъ почти полная аналогія.

Такимъ образомъ, на основаніи всего вышеизложеннаго объ инкапсулированныхъ нервныхъ аппаратахъ, мы видимъ, что въ *str. papillare* и *reticulare corii* и въ *tela subcutanea* кожи кончиковъ пальцевъ рукъ и ногъ человѣка имѣется семь отличныхъ другъ отъ друга по способу окончанія въ нихъ нервовъ инкапсулированныхъ нервныхъ аппаратовъ. Принимая во вниманіе существованіе въ кожѣ такого большого количества разнообразныхъ по способу окончанія въ нихъ нервовъ, а слѣдовательно и по функціи, концевыхъ аппаратовъ, отчасти можно себѣ объяснить, почему кожа въ состояніи воспринимать извнѣ столь разнообразныя впечатлѣнія. Это станетъ еще болѣе понятнымъ, когда мы вспомнимъ, что помимо инкапсулированныхъ — въ кожѣ помѣщаются еще различныя формы неинкапсулированныхъ аппаратовъ (см. ниже). Но несмотря на извѣстныя отличительныя особенности, характеризующія каждую отдѣльную форму этихъ аппаратовъ, между ними есть и много общаго.

Въ самомъ дѣлѣ, если сравнимъ какимъ образомъ оканчиваются нервы въ каждомъ отдѣльномъ типѣ этихъ тѣлецъ, то не трудно будетъ констатировать, что во всѣхъ тѣльцахъ — въ типичныхъ и видоизмѣненныхъ тѣльцахъ Фатеръ-Пачини и Мейсснера, въ концевыхъ клубочкахъ съ листовидными расширеніями и пр., концевыя развѣтвленія осевыхъ

1) Die Nervenendigungen in der Haut der äusseren Genitalorgane des Menschen. Archiv. f. mikrosk. Anatomie, Bd. 41.

цилиндровъ нервныхъ волоконъ, перепутываясь и соединяясь другъ съ другомъ различнымъ образомъ, составляютъ самой разнообразной формы и величины нервныя клубочки. Существенное различіе между ними, по моему мнѣнію, заключается: въ количествѣ вѣточекъ и нитей, составляющихъ клубокъ въ аппаратахъ того или другого вида, въ толщинѣ (ширинѣ) самыхъ развѣтвленій, въ формѣ и распредѣленіи петель, образуемыхъ послѣдними, и отношеніи ихъ къ продольной оси тѣльца, а равно въ формѣ и величинѣ тѣхъ расширеній и утолщеній, которыми обыкновенно бываютъ усажены означенныя развѣтвленія. Далѣе, къ числу отличительныхъ признаковъ нужно отнести еще и тотъ признакъ, что въ извѣстныхъ тѣльцахъ (типичныя и видоизмѣненныя Фатеръ-Пачиніевы тѣльца, типичныя и, вѣроятно, видоизмѣненныя тѣльца Мейсснера) имѣются развѣтвленія осевыхъ цилиндровъ нервныхъ волоконъ другого рода. Къ менѣе существеннымъ особенностямъ, отличающимъ нервныя аппараты другъ отъ друга слѣдуетъ отнести присутствіе вокругъ нихъ особенной оболочки, благодаря которой мы имѣемъ возможность выдѣлить въ особую группу извѣстныя (инкапсулированные) аппараты и, помимо того, принимая во вниманіе строеніе этой оболочки, въ свою очередь раздѣлить эти аппараты на извѣстное количество типовъ. Наконецъ, отличительнымъ признакомъ описанныхъ аппаратовъ можетъ служить еще положеніе, занимаемое ими въ соединительнотканной части кожи.

Среди перечисленныхъ нервныхъ аппаратовъ, имѣющихъ столь много общаго между собою, исключеніе составляютъ тѣльца съ нервными окончаніями въ видѣ пластинокъ (типъ 3-й). Аппараты эти занимаютъ особое мѣсто среди всѣхъ остальныхъ инкапсулированныхъ нервныхъ тѣлецъ кожи и ближе всего стоятъ къ сложнымъ тѣльцамъ Грандри, хотя въ нихъ и нельзя, повидимому, констатировать присутствія осязательныхъ клѣтокъ.

II. Неинкапсулированные нервныя аппараты можно разбить на двѣ группы: на а) аппараты, расположенные въ соединительной ткани и б) въ эпителии.

а) Къ аппаратамъ перваго рода принадлежатъ: тѣльца Ruffini, древовидныя концевыя развѣтвленія, неинкапсулированные концевые клубочки, сосудодвигательныя нервныя развѣтвленія въ сосочкахъ (Ruffini) и сосочковыя кисти (focchetti papillari) Ruffini.

1. Тѣльца Ruffini (37, 38 и 39), впервые весьма подробно и обстоятельно изученныя этимъ изслѣдователемъ, помѣщаются въ значительномъ количествѣ во всей *tela subcutanea*; я встрѣчалъ ихъ не только въ поверхностныхъ частяхъ этого слоя, но и на мѣстѣ перехода его въ *str. reticulare corii*. Насколько мнѣ удалось замѣтить, они не имѣютъ особенной оболочки, а представляютъ собою лишь нѣсколько видоизмѣненную и болѣе сложную форму древовидныхъ развѣтвленій, которыми обыкновенно оканчиваются нервныя волокна въ сухожиліяхъ, въ межмышечной соединительной ткани, въ *pericardium* и во многихъ другихъ соединительнотканнхъ образованіяхъ. Въ виду сказаннаго, мнѣ кажется, описываемые аппараты не заслуживаютъ, какъ не имѣющіе обособленной оболочки, названія тѣлецъ, подъ именемъ которыхъ понимаются концевые аппараты, окруженные оболочкою, рѣзко отграничивающею ихъ отъ окружающей ткани.

Обыкновенно нервныя волокна, оканчивающіяся аппаратами Ruffini отдѣляются отъ нервныхъ стволиковъ, проходящихъ въ t. subcutanea и кажутся въ видѣ очень толстыхъ мякотныхъ волоконъ, которыя, отдѣлившись отъ стволиковъ, изгибаются въ указанномъ слоѣ кожи различнымъ образомъ и на своемъ пути подвергаются многократному дѣленію.

Наконецъ, каждое изъ возникшихъ этимъ путемъ волоконъ, пройдя большее или меньшее разстояніе, вновь Y или T-образно дѣлится на два волокна. Послѣднія то раньше, то позже расходятся въ противоположныя стороны, на своемъ пути болѣе или менѣе изгибаются, а затѣмъ какъ то, такъ и другое волокно окончательно распадаются на 2—3 короткихъ мякотныхъ вѣточки, которыя вскорѣ теряютъ мякоть, при чемъ осевые цилиндры ихъ, постепенно развѣтвляясь, образуютъ одинъ концевой аппаратъ. Но не рѣдки и такіе случаи, когда осевые цилиндры всѣхъ вѣточекъ, возникшихъ путемъ дѣленія обоихъ мякотныхъ волоконъ, идутъ на образованіе одного нервнаго аппарата. Въ первомъ случаѣ возникаютъ простыя, а во второмъ — болѣе сложныя формы тѣлецъ, или, вѣрнѣе сказать, *концевыхъ нервныхъ развѣтвленій* Ruffini.

Такимъ образомъ, одно толстое — основное — мякотное нервное волокно, постепенно дѣлясь на волокна перваго, второго, третьяго и т. д. порядковъ, оканчивается многими концевыми развѣтвленіями Ruffini.

Что касается *простыхъ*, сравнительно, *формъ концевыхъ развѣтвленій*, то, какъ уже было указано выше, они происходятъ путемъ постепеннаго дѣленія осевыхъ цилиндровъ 2—3 мякотныхъ вѣточекъ. Обыкновенно послѣднія имѣютъ небольшую длину, идутъ, изгибаясь, то въ одномъ какомъ-либо, то по двумъ противоположнымъ направленіямъ и, наконецъ, теряютъ Шваннову и мякотную оболочки; послѣ этого осевые цилиндры ихъ вскорѣ распадаются на нѣсколько вѣточекъ, которыя извиваются различнымъ образомъ и въ тоже время постепенно дѣлятся на множество въ свою очередь дѣлящихся вѣточекъ. Всѣ вѣточки перепутываются и пересѣкаются другъ съ другомъ, извиваются въ разныхъ направленіяхъ и соединяются между собою, при чемъ въ общемъ образуемое ими концевое развѣтвленіе занимаетъ довольно большую площадь (фиг. 37, 38 и 39). Вѣточки эти представляются усаженными различной величины многоугольной и веретенообразной формы расширениями, которыя придаютъ всему концевому развѣтвленію своеобразный видъ и близкое сходство съ древовидными концевыми развѣтвленіями, расположенными въ сухожиліяхъ, въ pericardium и пр. Описываемыя развѣтвленія помѣщаются на поверхности пучковъ фибриллей соединительной ткани, окутанныхъ сѣтью эластическихъ волоконъ и, въ большинствѣ случаевъ, имѣютъ форму сильно вытянутаго въ длину листика или веретена, при этомъ самыя концевыя развѣтвленія лежатъ не въ одной плоскости, а прилегаютъ къ соединительнотканнымъ пучкамъ, расположеннымъ на различныхъ уровняхъ, и въ тоже время стоятъ въ связи другъ съ другомъ. Приложенные рисунки (фиг. 37, 38 и 39), переданныя съ возможною точностью, даютъ вѣрное представленіе о формѣ и характерѣ описываемыхъ концевыхъ аппаратовъ Ruffini. Нерѣдко въ одномъ какомъ-либо мѣстѣ или въ нѣсколькихъ мѣстахъ нервнаго аппарата количество вѣточекъ, участвующихъ въ его образованіи, становится

меньше, вслѣдствіе чего въ указанныхъ мѣстахъ концевыя развѣтвленія занимаютъ мѣньшую площадь, а вмѣстѣ съ этимъ и самый аппаратъ кажется здѣсь какъ-бы перетянутымъ (суженнымъ). Наконецъ, иногда мнѣ приходилось видѣть, что въ образованіи концевого развѣтвленія принимаетъ участіе лишь одно мякотное волокно, которое въ подобномъ случаѣ предварительно теряетъ мякоть, послѣ чего осевой цилиндръ волокна, постепенно дѣлясь на много перепутанныхъ и связанныхъ между собою вѣточекъ, оканчивался небольшимъ веретенообразной или листовидной формы развѣтвленіемъ.

Сложныя формы концевыхъ развѣтвленій Ruffini отличаются отъ только что описанныхъ простыхъ формъ лишь тѣмъ, что въ образованіи ихъ участвуютъ развѣтвленія осевыхъ цилиндровъ 5—6 короткихъ мякотныхъ волоконъ (фиг. 37). Благодаря этому каждый такой аппаратъ имѣетъ гораздо большіе размѣры, по сравненію съ простою его формою, и часто тянется на весьма значительномъ протяженіи, — во всемъ же остальномъ эти развѣтвленія вполне тождественны съ простыми ихъ формами. По краямъ всѣхъ концевыхъ развѣтвленій, а иногда и между образующими ихъ нервными вѣточками и нитями во многихъ случаяхъ попадаются круглой и овальной формы ядра (фиг. 39), на которыя уже обратилъ вниманіе Sfa men i; заложены ли эти ядра, какъ это полагаетъ Sfa men i, въ особенной зернистой массѣ или нѣтъ — я не могу сказать ничего опредѣленнаго, такъ какъ мнѣ не удалось констатировать присутствія означенной массы. Мнѣ кажется, что если не всѣ, то по крайней мѣрѣ многія изъ этихъ ядеръ принадлежатъ частью къ ядрамъ Шванновой оболочки, которую нервныя волокна теряютъ позднѣе мякоти, частью къ ядрамъ соединительнотканыхъ клѣтокъ тѣхъ пучковъ соединительнотканыхъ фибриллей, къ которымъ прилегаютъ концевыя развѣтвленія. Наконецъ, оканчивая описаніе нервныхъ аппаратовъ Ruffini, необходимо еще упомянуть, что въ иныхъ, правда рѣдкихъ, случаяхъ то или другое изъ короткихъ мякотныхъ волоконъ, повидимому, не принимаетъ участія въ образованіи концевого развѣтвленія, а оканчивается въ одномъ или нѣсколькихъ видоизмѣненныхъ тѣлцахъ Фатеръ-Пачини.

2. Древовидныя концевыя развѣтвленія (фиг. 40, 41, 42 и 43) принадлежатъ къ числу тѣхъ нервныхъ аппаратовъ, которые постоянно имѣются въ различнаго рода соединительнотканыхъ образованіяхъ, напр., въ pericardium, въ endocardium, въ оболочкахъ сосудовъ и пр. Они, насколько я могъ замѣтить, разбросаны во всѣхъ слояхъ cutis: въ tela subcutanea, въ str. reticulare и papillare corii, при чемъ, по способу окончанія нервовъ, ничѣмъ существеннымъ не отличаются отъ только что поименованныхъ концевыхъ развѣтвленій. Въ t. subcutanea отъ нервныхъ стволиковъ, проходящихъ въ этомъ слое, отдѣляются довольно толстыя мякотныя волокна, которыя идутъ въ разныхъ направленіяхъ и постепенно дѣлятся. Возникшія отъ дѣленія волоконъ мякотныя вѣточки теряютъ мякоть и Шваннову оболочку, послѣ чего осевые цилиндры ихъ быстро распадаются на большее или меньшее количество многократно дѣлящихся и анастомозирующихъ другъ съ другомъ вѣточекъ

1) L. с., стр. 2.

и нитей, вслѣдствіе чего получаютъ различной величины и формы концевыя развѣтвленія. Нерѣдко отъ осевого цилиндра того или другого изъ описываемыхъ мягкотныхъ волоконъ, до распаденія его на свои концевыя развѣтвленія, отдѣляются на мѣстахъ перехватовъ Ранвье лишенные мякоти короткія боковыя вѣточки (фиг. 40), которыя вскорѣ, распаваясь на множество вѣточекъ и нитей, образуютъ концевыя развѣтвленія. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ мнѣ приходилось видѣть, какъ отъ того или другого концевого развѣтвленія отдѣлялось нѣсколько вѣточекъ; послѣднія, пройдя небольшое разстояніе, распадались на извѣстное количество концевыхъ вѣточекъ, т. е. отъ одного какого-либо концевого развѣтвленія отдѣляются вѣточки, идущія на образованіе новаго подобнаго же нервнаго аппарата. Всѣ вѣточки, входящія въ составъ концевыхъ развѣтвленій, усажены различной величины расширеніями, многоугольной и веретенообразной формы, какъ это замѣчается, вообще, во всѣхъ подобнаго рода аппаратахъ. Что касается формы самыхъ развѣтвленій, то они, въ большинствѣ случаевъ, кажутся въ видѣ то многоугольныхъ, то болѣе или менѣе вытянутыхъ въ длину пластинокъ, которыя представляются изогнутыми въ различной степени и тѣсно прилегаютъ къ пучкамъ фибриллей соединительной ткани. Часто мнѣ приходилось видѣть, какъ нѣкоторыя изъ мягкотныхъ волоконъ или вѣточекъ, образовавшихся путемъ ихъ дѣленія, вступали въ жировыя дольки *t. subcutanea* и оканчивались въ нихъ древовидными развѣтвленіями. Послѣднія представлялись изогнутыми и, какъ это мною ¹⁾ было указано по отношенію къ жировой ткани *pericardium*, непосредственно прилежали къ жировымъ клѣткамъ; подобнаго же рода концевыя развѣтвленія были потомъ описаны Sfameni ²⁾ въ жировыхъ доляхъ *t. subcutanea* кожи у различныхъ животныхъ.

То, что сейчасъ было сказано по отношенію къ древовиднымъ развѣтвленіямъ въ *t. subcutanea* всецѣло относится и къ такимъ же концевымъ аппаратамъ, расположеннымъ въ *str. reticulare corii*. Разница между ними, насколько я могъ замѣтить, заключается лишь въ томъ, что въ *str. retic. corii* указанныя древовидныя развѣтвленія чаще всего встрѣчаются въ поверхностной ея части, а равно непосредственно подъ эпителиальными валиками (фиг. 41, 42 и 43). Нѣкоторыя изъ этихъ развѣтвленій я находилъ подъ эпителиемъ въ основаніи сосочковъ, гдѣ они имѣли обыкновенно небольшіе размѣры и казались то въ видѣ петельки, усаженной угловатыми расширеніями, то въ формѣ нѣсколькихъ изогнутыхъ и связанныхъ между собою петель съ подобными же мѣстными расширеніями (фиг. 46).

Нервные волокна, оканчивающіяся древовидными развѣтвленіями, отдѣляются отъ стволиковъ, проходящихъ черезъ *str. retic. corii*, а въ особенности — отъ образуемаго стволиками поверхностнаго сплетенія.

Какъ видно изъ всего сказаннаго о концевыхъ древовидныхъ развѣтвленіяхъ, они представляютъ не что иное, какъ лишь нѣсколько упрощенныя формы концевыхъ развѣтвленій Ruffini.

1) Die sensiblen Nervenendigungen im Herzen und in den Blutgefäßen der Säugethiere. Archiv f. mikrosk. Anatomie, Bd. 46, H. 2.

2) L. c., стр. 2.

3. Неинкапсулированные нервные клубочки (фиг. 4, 44, 45, 46, 47 и 48) и 4) внутрисосочковые окончанія въ видѣ петлевидно изогнутыхъ пучковъ и сѣти нервныхъ нитей (сосудодвигательные нервы сосочковъ Ruffini) (фиг. 3, 4, 15, 22, 44, 48 и 49). Обоего рода аппараты представляютъ собою окончанія мягкотныхъ нервныхъ волоконъ, отдѣляющихся отъ поверхностнаго нервного сплетенія. Одни изъ этихъ волоконъ подвергаются дѣленію и, не теряя мягкости, достигаютъ основанія сосочковъ или вступаютъ въ послѣдніе, другія же на различномъ разстояніи отъ сосочковъ теряютъ мягкотную оболочку, V-образно дѣлятся и въ видѣ болѣе или менѣ толстыхъ безмякотныхъ волоконъ идутъ въ косомъ направленіи къ сосочкамъ. Какъ тѣ, такъ и другія волокна оканчиваются въ сосочкахъ двоякимъ образомъ.

Волокна перваго рода, въ количествѣ одного или нѣсколькихъ, достигаютъ основанія того или другого сосочка, проникаютъ болѣе или менѣе глубоко внутрь послѣдняго, послѣ чего теряютъ мягкость, при чемъ голый осевой цилиндръ cadaго волокна быстро распадается на множество тонкихъ ниточекъ, усаженныхъ мелкими варикозностями. Ниточки эти многократно дѣлятся, извиваются различнымъ образомъ и въ разныхъ направленіяхъ, перепутываются и соединяются другъ съ другомъ и составляютъ чрезвычайно густой клубочекъ (фиг. 4, 44, 45, 46 и др.)

Въ большинствѣ случаевъ нервные клубочки помѣщаются въ отдѣльныхъ сосочкахъ (фиг. 48 и 49 B), не занятыхъ какими бы то ни было инкапсулированными нервными тѣльцами, или вмѣстѣ съ видоизмѣненными Фатеръ-Пачиніевыми тѣльцами (фиг. 4), или же иногда даже вмѣстѣ съ типичными Мейснеровыми тѣльцами. Они находятся, занимая преимущественно осевую часть сосочковъ, то въ верхней половинѣ или $\frac{2}{3}$ -хъ послѣднихъ, то лишь въ верхней $\frac{1}{3}$ сосочка, то, наконецъ, въ рѣдкихъ случаяхъ, тотъ или другой клубочекъ тянется во всю длину сосочка. Обыкновенно описываемые клубочки имѣютъ колбасовидную форму и кажутся изогнутыми въ большей или меньшей степени, или же они являются въ видѣ образованій овальной и шаровидной формы и, какъ было сказано выше, занимаютъ не всю, а лишь небольшую сравнительно часть сосочка. Если нервный клубокъ лежитъ въ сосочкѣ вмѣстѣ съ Мейснеровымъ тѣльцемъ, то въ такомъ случаѣ послѣднее не достигаетъ верхушки сосочка, въ которой обыкновенно располагается клубочекъ. Иногда осевой цилиндръ нервного волокна, потерявшаго мягкость, распадается сначала на два самостоятельныхъ пучка перепутанныхъ и связанныхъ между собою нитей; оба пучка идутъ въ сосочкѣ на извѣстномъ протяженіи, а затѣмъ на большемъ или меньшемъ разстояніи отъ верхушки сосочка они соединяются другъ съ другомъ, вслѣдствіе чего вмѣсто клубочка вытянутой формы получается петля, составленная изъ множества переплетающихся и соединяющихся другъ съ другомъ нитей.

Обыкновенно ниточки, составляющія клубочки, какъ было указано выше, представляются чрезвычайно тонкими и усажены мелкими круглой и веретенообразной формы варикозностями,—этими особенностями клубочки рѣзко отличаются отъ всѣхъ остальныхъ какъ инкапсулированныхъ, такъ и неинкапсулированныхъ нервныхъ аппаратовъ, расположенныхъ въ сосочкахъ. Въ ничтожной величины промежуткахъ, остающихся между нитями

клубочка, мнѣ не удалось констатировать присутствія клѣтокъ или какого бы то ни было зернистаго вещества.

Далѣе, къ особенностямъ, характеризующимъ клубочки нужно еще отнести слѣдующія. Если только нервы окрасились на изслѣдуемыхъ разрѣзахъ кожи надлежащимъ образомъ, то въ такомъ случаѣ не трудно видѣть, что отъ всякаго клубочка, въ различныхъ мѣстахъ его, отдѣляются 2—3 нити и даже цѣлые пучки нитей (фиг. 44, 45, 47, 48). Первые обыкновенно направляются къ тѣмъ пучкамъ нервныхъ нитей, которые, по мнѣнію Ruffini, образуютъ петли вокругъ сосудовъ сосочковъ и присоединяются къ нимъ. Что касается вторыхъ, т. е. пучковъ нервныхъ нитей, то они, отдѣлившись отъ клубочка, идутъ въ сосочекъ, изгибаются въ немъ и нерѣдко расщепляются на нѣсколько пучковъ, изъ которыхъ одни поднимаются почти къ верхушкѣ сосочка и затѣмъ, образовавъ петлю, опускаются внизъ, другіе сначала направляются внизъ почти къ основанію сосочка, но вскорѣ опять поднимаются въ верхній отдѣлъ послѣдняго (фиг. 44, 45 и 48). Обыкновенно нити, входящія въ составъ пучка подвергаются дѣленію и соединяются съ сосѣдними нитями того же пучка, но, помимо того, отъ пучковъ отходятъ еще то отдѣльныя ниточки, то тонкіе пучечки, соединяющіеся съ другими нитями и пучками, имѣющимися въ данномъ сосочкѣ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ отъ того или другого пучка ниточекъ, отдѣлившася отъ клубочка, отходятъ 2—3 нити, которыя, пройдя извѣстное разстояніе, иногда даже образовавъ петлю, распадаются на множество очень короткихъ ниточекъ. Послѣднія усажены неправильной формы утолщеніями, соединяются между собою и такимъ путемъ образуютъ въ сосочкѣ родъ концевго кустика или деревца (фиг. 45). Однимъ словомъ, нити входящія въ составъ описываемыхъ клубочковъ принимаютъ дѣятельное участіе въ образованіи тѣхъ нервныхъ аппаратовъ, которые, по Ruffini, принадлежатъ къ сосудамъ сосочковъ и о которыхъ я буду говорить сейчасъ болѣе подробно.

Наконецъ, отъ всякаго клубочка, насколько мнѣ удалось замѣтить, отдѣляются то одна, то нѣсколько тонкихъ нервныхъ ниточекъ, которыя идутъ, изгибаясь, къ верхушкѣ сосочка, достигаютъ эпителія (фиг. 45, 47) и затѣмъ вступаютъ въ послѣдній, гдѣ онѣ, какъ это видно на фиг. 47, постепенно распадаются на множество тонкихъ и многократно дѣлящихся варикозныхъ ниточекъ. Указанныя ниточки помѣщаются въ промежуткахъ между эпителіальными клѣтками, изгибаются различнымъ образомъ, соединяются другъ съ другомъ и оплетаютъ клѣтки *str. germinativum*.

Что касается тѣхъ мягкотныхъ волоконъ, которыя, достигнувъ сосочковъ, не идутъ непосредственно на образованіе клубочковъ, то они оканчиваются слѣдующимъ образомъ. Обыкновенно означенныя волокна, въ количествѣ одного и даже нѣсколькихъ, подходятъ къ основанію того или другого сосочка и теряютъ мягкотную оболочку, при чемъ осевой цилиндръ каждаго волокна вилообразно дѣлится на 2—3 вѣточки. Послѣднія вступаютъ въ сосочекъ въ болѣе или менѣе косомъ направленіи и постепенно, поднимаясь кверху, распадаются на множество тонкихъ варикозныхъ ниточекъ (фиг. 49), которыя идутъ дальше, то соединившись въ тонкіе пучки, то въ видѣ отдѣльныхъ нитей. Пучки нитей на своемъ пути

подвергаются дѣленію, извиваются различнымъ образомъ и часто переходятъ съ одной стороны сосочка на другую его сторону. Одни изъ нихъ образуютъ въ разныхъ частяхъ сосочка изогнутыя и связанныя другъ съ другомъ петли, другіе достигаютъ верхушки сосочка и здѣсь лишь, подобно первымъ, петлевидно изгибаются и нерѣдко даже непосредственно прилегаетъ къ эпителию (фиг. 49). Относительно нитей, идущихъ отдѣльно нужно сказать, что онѣ, постепенно дѣлясь, пронизываютъ весь сосочекъ въ разныхъ направленіяхъ, перекрещиваются и соединяются между собою, нѣкоторыя изъ нихъ присоединяются къ пучкамъ, и образуютъ въ сосочкѣ болѣе или менѣе густую сѣть (фиг. 49). Мѣстами отъ той или другой нити означенной сѣти отдѣляются 2—3 короткихъ ниточки, которыя въ какомъ-либо мѣстѣ сосочка составляютъ маленькій завитокъ, или клубочекъ. Отъ этихъ извитыхъ ниточекъ отходятъ короткіе боковые, связанные другъ съ другомъ отпрыски и ниточки, усаженные небольшими многоугольными расширеніями.

Многія изъ нитей нервной сѣти сосочка, помѣщающіяся въ основной части послѣдняго, выходятъ за предѣлы даннаго сосочка, стелятся непосредственно подъ эпителиальными валиками и здѣсь, дѣлясь и соединяясь съ подобными же нитями, идущими отъ другихъ сосочковъ, участвуютъ въ образованіи той *подсосочковой сѣти изъ безмякотныхъ волоконъ* (аміэлиновой сѣти), которую описываетъ Ruffini (фиг. 49).

Мякотныя волокна второго рода, теряющія мякотную оболочку на болѣе или менѣе далекомъ разстояніи отъ основанія сосочковъ (фиг. 3, 15, 49 A), оканчиваются точно такимъ же образомъ, какъ и только что описанныя волокна, сохранившія мякоть вплоть до—и даже по вступленіи своемъ въ сосочки. Слѣдовательно, какъ тѣ такъ и другія волокна относятся къ одной категоріи волоконъ, и отличаются другъ отъ друга лишь тѣмъ, что одни изъ нихъ теряютъ мякотную оболочку раньше, чѣмъ другія. Развѣтвленія ихъ участвуютъ въ образованіи подсосочковой сѣти и внутрисосочковыхъ петель и сѣти. Означенныя волокна, какъ было сказано выше, потерявъ мякоть и раздѣлившись на нѣсколько болѣе или менѣе толстыхъ вѣточекъ, идутъ къ сосочкамъ, при чемъ развѣтвленія одного волокна направляются не къ одному, а къ нѣсколькимъ сосочкамъ (фиг. 49). Однѣ изъ вѣточекъ, въ большинствѣ случаевъ болѣе толстыя, вступаютъ въ тотъ или другой сосочекъ и постепенно распадаются въ немъ на массу тончайшихъ ниточекъ, которыми образуются вышеописанные клубочки. Другія вѣточки распадаются у основанія сосочковъ на пучки тонкихъ ниточекъ и отдѣльныя нити различной толщины, при чемъ извѣстное (большее) количество тѣхъ и другихъ вступаетъ въ тотъ или иной сосочекъ, а всѣ остальные сначала принимаютъ горизонтальное направленіе и стелятся подъ основаніемъ сосочковъ и эпителиальныхъ валиковъ. Здѣсь нервныя пучки и нити, дѣлясь, переплетаясь и соединяясь между собою и съ развѣтвленіями вышеописанныхъ мякотныхъ волоконъ, составляютъ довольно *густую подсосочковую сѣть* или, вѣрнѣе сказать, *подсосочковое сплетеніе*. Затѣмъ изъ означеннаго сплетенія отдѣляются пучки нитей и отдѣльныя нити, которые вмѣстѣ съ указанными выше пучками и нитями вступаютъ въ сосочки. Всѣ пучки и нити, вступившіе въ сосочки самостоятельно и изъ подсосочковаго сплетенія, распределяются въ сосочкахъ особеннымъ обра-

зомъ. Первые извиваются, направляясь къ верхушкѣ сосочковъ, въ бѣльшей или мѣньшей степени и на своемъ пути расщепляются на бѣлье тонкіе пучечки и отдѣльныя нити, причемъ какъ тѣ, такъ и другія различнымъ образомъ соединяются между собою (фиг. 48, 49). Въ такомъ видѣ нѣкоторыя изъ пучковъ достигаютъ верхушки сосочковъ и, образовавъ петли, опять опускаются внизъ и присоединяются къ другимъ пучкамъ. Нерѣдко пучки нитей извиваются въ сосочкахъ на подобіе спиралей, или же тотъ или другой изъ пучковъ поднимается, слегка извиваясь, отъ основанія вплоть до верхушки сосочка, затѣмъ снова опускается къ основанію послѣдняго, гдѣ нити обоихъ колѣнъ возникшей такимъ путемъ длинной петли, перепутываются и соединяются между собою. Отъ пучковъ, образовавшихъ петли, кромѣ того, отдѣляются на всемъ ихъ протяженіи нити и тонкіе пучки, помощью которыхъ связываются колѣна той или другой петли. Если въ сосочкѣ имѣется неинкапсулированный нервный клубокъ, то нѣкоторыя изъ пучковъ нитей вступаютъ въ клубочекъ и принимаютъ участіе въ его образованіи (фиг. 27 и 47).

Что касается отдѣльныхъ нервныхъ нитей, вступившихъ въ сосочки самостоятельно или изъ подсосочковаго сплетенія, то онѣ извиваются въ послѣднихъ различнымъ образомъ, многократно дѣлятся и то присоединяются къ пучкамъ, то соединяются между собою и участвуютъ въ образованіи сосочковыхъ петель и сосочковой сѣти. Въ томъ случаѣ, когда въ какомъ-либо сосочкѣ располагается тѣльце Мейсснера, нѣкоторыя изъ нервныхъ нитей, а иногда и пучковъ присоединяются къ мякотнымъ волокнамъ, оканчивающимся въ данномъ тѣльцѣ и вмѣстѣ съ ними вступаютъ въ полость тѣльца, гдѣ тѣ и другіе, какъ было указано выше, распадаются постепенно на множество тончайшихъ ниточекъ (фиг. 15 и 21). Нерѣдко 2—3 изъ описываемыхъ нитей не вступаютъ въ тѣльце, — а направляются къ его оболочкѣ и дѣлятся здѣсь на множество ниточекъ, которыя оплетаютъ оболочку въ видѣ бѣлье или мѣнье густой сѣти. Наконецъ, иногда нити идутъ сначала вмѣстѣ съ мякотными волокнами, направляющимися къ какому либо Мейсснеровому тѣльцу, затѣмъ достигаютъ послѣдняго, поднимаются кверху, прилегая къ поверхности тѣльца, и у самой его верхушки распадаются на нѣсколько тонкихъ ниточекъ, которыя съ другими подобными же ниточками образуютъ маленькій клубочекъ (фиг. 21 и 27). Бываютъ случаи, когда верхняя часть Мейсснерова тѣльца занимаетъ собою всю верхушку сосочка и почти прикасается къ эпителиальному покрову, — тогда часто двѣ, три нити протискиваются въ промежутокъ между верхушкою тѣльца и эпителиемъ и здѣсь распадаются на цѣлый пучокъ связанныхъ другъ съ другомъ нитей; пучокъ этотъ прилегаетъ съ одной стороны къ эпителию, а съ другой — къ поверхности верхушки самага тѣльца.

Далѣе, не разъ мнѣ приходилось видѣть, какъ та или другая толстая нить вблизи основанія сосочка дѣлится на 2—3 ниточки, которыя входятъ въ сосочекъ и, постепенно дѣлясь, поднимаются кверху, при чемъ то у самой верхушки сосочка, то нѣсколько ниже дѣлаютъ вокругъ сосудистой петли нѣсколько оборотовъ и въ тоже время соединяются между собою.

Отъ описываемыхъ петлевидно изогнутыхъ пучковъ и сѣти нитей постоянно отдѣляются еще 1—2—3 толстыя и короткія нити, которыя обыкновенно посылаютъ отъ себя

короткія ниточки и боковые отпрыски; какъ тѣ, такъ и другіе усажены многоугольной и веретенообразной формы утолщеніями и то извиваются и соединяются другъ съ другомъ, образуя родъ завитка или маленькаго клубочка, то составляютъ кисти и пучки связанныхъ между собою нитей (фиг. 49).

Помимо того, отъ тѣхъ же пучковъ и внутрисосочковой сѣти нитей, насколько я могъ замѣтить, отходятъ еще тонкія ниточки, которыя направляются къ верхушкѣ сосочка или къ боковой его части и затѣмъ проникаютъ въ эпителий; здѣсь онѣ многократно дѣлятся, изгибаются между клѣтками str. germinativum и, соединяясь другъ съ другомъ, оплетаютъ клѣтки означеннаго слоя. Указанныя интерэпителиальныя нити вполнѣ аналогичны подобнымъ же нитямъ, отдѣляющимся, какъ было указано выше, отъ неинкапсулированныхъ нервныхъ клубочковъ.

Такимъ образомъ, какъ видно изъ всего только что изложеннаго, подсосочковое нервное сплетеніе, составленное изъ безмякотныхъ вѣточекъ и нитей, а равно неинкапсулированные нервные клубочки, петлевидно изогнутые пучки и внутрисосочковыя сѣти нижней—имѣютъ одинъ и тотъ же источникъ происхожденія. Они представляютъ собою лишь концевыя развѣтвленія осевыхъ цилиндровъ сравнительно толстыхъ мякотныхъ волоконъ, которыя отдѣляются отъ пучковъ нервныхъ волоконъ, образующихъ поверхностное нервное сплетеніе. Означенныя волокна вѣтвятся, теряютъ мякоть въ основной части сосочковъ (волокна перваго рода) или на различномъ разстояніи отъ ихъ основанія (волокна втораго рода) и затѣмъ, постепенно распадаясь на вѣточки и нити, образуютъ вышеописанные нервные аппараты, при чемъ развѣтвленія одного волокна направляются не къ одному, а къ нѣсколькимъ сосочкамъ. Кроме того, известное количество нервныхъ вѣточекъ и нитей, возникшихъ отъ дѣленія этихъ же мякотныхъ волоконъ, проникаетъ внутрь типичныхъ (а быть можетъ и видоизмѣненныхъ) Мейсснеровыхъ тѣлецъ и образуютъ въ нихъ болѣе или менѣе густую нервную сѣть, оплетающую развѣтвленія оканчивающихся въ тѣлцахъ волоконъ. И, наконецъ, какъ отъ указанной сѣти, такъ равно и отъ неинкапсулированныхъ клубочковъ, пучковъ и внутрисосочковой нервной сѣти отдѣляются нити, которыя вступаютъ въ эпителий и оканчиваются въ этомъ послѣднемъ.

Спрашивается теперь, слѣдуетъ ли концевыя развѣтвленія описанныхъ нервныхъ волоконъ признавать, вмѣстѣ съ Ruffini, за сосудодвигательные нервы, или же ихъ вѣрнѣе считать, какъ полагаетъ Sfaeni, за особенные чувствующие нервные аппараты сосочковъ, не имѣющіе ничего общаго съ сосудами? Что данныя развѣтвленія не принадлежатъ къ сосудодвигательнымъ нервамъ — это, мнѣ кажется, вытекаетъ уже само собою изъ всего того, что объ нихъ было сказано выше. Они, какъ мы видѣли, имѣются не только въ сосочкахъ, но и внутри типичныхъ, а также, вѣроятно, и видоизмѣненныхъ тѣлецъ Мейсснера, и въ эпителии и, наконецъ, помимо того образуютъ еще самостоятельные нервные аппараты въ видѣ неинкапсулированныхъ клубочковъ. Затѣмъ мнѣ никогда не удавалось видѣть, чтобы внутрисосочковыя нервныя нити оплетали сосуды сосочковъ на всемъ ихъ протяженіи, какъ это легко наблюдать всюду, гдѣ только мы имѣемъ дѣло съ несомнѣнными сосудодвигатель-

ными нервами. На своихъ препаратахъ я могъ лишь констатировать, что иногда та или другая нервная нить или пучокъ нитей прилегали на извѣстномъ протяженіи къ сосудамъ сосочковъ, или же нерѣдко къ послѣднимъ прилегали завитки и кисти, образуемые развѣтвленіями отдѣльныхъ нитей или, наконецъ, нервныя нити мѣстами петлеобразно окружали кровеносные сосуды сосочковъ. Указанныя данныя, по моему мнѣнію, говорятъ за то, что сосудодвигательные нервы Ruffini, на самомъ дѣлѣ, не принадлежатъ къ таковымъ, но изъ этого еще не слѣдуетъ, чтобы описанныя концевыя развѣтвленія не имѣли никакого отношенія къ сосудамъ сосочковъ. Нѣкоторыя изъ этихъ развѣтвленій, прилегая мѣстами къ стѣнкѣ сосудовъ или охватывая собою сосудистыя петли, могутъ играть роль чувствующихъ аппаратовъ для сосудовъ сосочковъ, аналогичныхъ до извѣстной степени съ тѣми концевыми аппаратами, которые были описаны мною въ стѣнкахъ сосудовъ сердца и другихъ органовъ.

5) Сосочковыя кисти (*fiocchetti papillari*) Ruffini (фиг. 47 и 50). Относительно этихъ нервныхъ аппаратовъ я могу подтвердить и нѣсколько дополнить наблюденія Ruffini. На своихъ препаратахъ я встрѣчалъ всѣ тѣ формы ихъ, которыя были описаны Ruffini и изображены имъ на табл. IV и V его работы¹⁾. Но, кромѣ довольно тщательно изученныхъ, сравнительно простыхъ формъ означенныхъ аппаратовъ, мнѣ нерѣдко попадались и гораздо болѣе сложныя и своеобразныя ихъ формы. Перваго рода аппараты находятся въ тѣхъ же сосочкахъ, въ которыхъ помѣщаются и другіе нервныя аппараты, напр., типичныя Мейснеровы тѣльца, инкапсулированныя нервныя клубочки и пр., между тѣмъ какъ сложныя формы этихъ аппаратовъ встрѣчаются, насколько мнѣ удалось замѣтить, совершенно отдѣльно, въ отдѣльныхъ сосочкахъ, и занимаютъ то почти весь сосочекъ, то верхнюю половину или третъ послѣдняго. Одинъ изъ наиболѣе типичныхъ такихъ аппаратовъ представленъ на фиг. 50. Довольно толстое мякотное нервное волокно, отдѣлившись отъ вѣточки поверхностнаго нервного сплетенія, направляется къ указанному сосочку и на извѣстномъ разстояніи отъ него теряетъ мякоть. Послѣ этого осевой цилиндръ волокна вскорѣ дѣлится виллообразно на двѣ вѣтви, которыя идутъ, слегка изгибаясь, къ сосочку и достигаютъ послѣдняго. Одна—лѣвая—вѣтвь отдаетъ отъ себя, пройдя небольшое разстояніе, нѣсколько тонкихъ и, въ свою очередь, дѣлящихся нитей, при чемъ однѣ изъ нихъ направляются вмѣстѣ съ нею, а другія присоединяются къ правой вѣтви; какъ въ томъ, такъ и въ другомъ случаѣ означенныя нити достигаютъ сосочка. Вторая—правая—болѣе толстая вѣтвь изгибается дугообразно у основанія сосочка, посылаетъ къ нему три вѣточки, послѣ чего сама огибаетъ эпителиальный валикъ и вступаетъ въ другой, сосѣдній сосочекъ.

Нити, возникшія отъ дѣленія лѣвой вѣтви, еще до вступленія ея въ сосочекъ, достигаютъ основанія послѣдняго и дѣлятся на много нитей, изгибающихся такъ, что ими, въ основной части сосочка, образуется родъ вѣнчика. Отъ означенныхъ нитей, въ свою очередь, отдѣляются множество короткихъ волнообразно извивающихся ниточекъ, которыя перепле-

1) Л. с., стр. 1.

таются и перепутываются съ первыми и на своемъ пути отдають значительное количество боковыхъ, точно такимъ же образомъ изогнутыхъ ниточекъ. Всѣ нити соединяются другъ съ другомъ и усажены относительно большими многоугольной и веретенообразной формы расширеніями, придающими вѣнчику своеобразный видъ. Обыкновенно лишь немногія нити, отдѣлившись отъ вѣнчика, проходятъ черезъ его средину и затѣмъ опять присоединяются къ нитямъ, изъ которыхъ составленъ вѣнчикъ.

Что касается самой лѣвой вѣтви, то она, проходя возлѣ описаннаго вѣнчика, посылаетъ къ нему нѣсколько довольно толстыхъ нитей, принимающихъ участіе въ его образованіи, а затѣмъ означенная вѣтвь направляется дальше вверхъ и влѣво, къ основанію лѣваго вторичнаго сосочка. Здѣсь она дѣлится на нѣсколько нитей, которыя слегка извиваются, тянутся по всей периферіи сосочка и на этомъ пути постепенно распадаются на много довольно толстыхъ, вновь дѣлящихся и связанныхъ между собою нитей. Всѣ нити, на которыя окончательно распадается лѣвая вѣтвь, также усажены листовидными и веретенообразными расширеніями. Такимъ образомъ, периферическая часть вторичнаго сосочка является занятою изогнутымъ на подобіе подковы своеобразнымъ нервнымъ аппаратомъ. Какъ отъ только что описаннаго концевой аппарата, такъ въ особенности отъ вѣнчика отдѣляются нити, которыя идутъ къ правому вторичному сосочку и на своемъ пути дѣлятся и перепутываются другъ съ другомъ. Къ нимъ присоединяются также нити, отдѣлившіяся отъ правой вѣтви. Затѣмъ однѣ изъ этихъ нитей направляются къ основанію вторичнаго праваго сосочка, другія — къ его верхушкѣ, третьи, наконецъ, — къ периферіи главнаго сосочка. Въ указанныхъ мѣстахъ нити дѣлятся на множество изогнутыхъ и соединяющихся другъ съ другомъ ниточекъ, которыя усажены угловатыми расширеніями и образуютъ у основанія вторичнаго сосочка, подъ эпителиемъ верхушки послѣдняго и въ самой периферической части главнаго сосочка, концевыя развѣтвленія. Кромѣ того, отъ всѣхъ перечисленныхъ нервныхъ аппаратовъ, образуемыхъ развѣтвленіями одного мякотнаго волокна въ сложномъ сосочкѣ, отходятъ еще различной толщины нити, при помощи которыхъ эти аппараты связываются между собою.

Наконецъ, правая вѣтвь, отдавъ, какъ было сказано выше, нѣсколько нитей въ сложный сосочекъ, вступаетъ въ лежащій рядомъ съ нимъ простой сосочекъ, гдѣ и распадается на значительное количество многократно дѣлящихся и изгибающихся нитей. Послѣднія усажены многоугольной и веретенообразной формы расширеніями, соединяются другъ съ другомъ и составляютъ концевой аппаратъ, выполняющій собою почти весь сосочекъ.

Но помимо аппаратовъ, похожихъ на только что описанный, въ простыхъ сосочкахъ нерѣдко встрѣчаются менѣе сложныя ихъ формы. Такъ, напр., не разъ мнѣ приходилось видѣть, какъ толстое мякотное нервное волокно теряло мякоть на извѣстномъ разстояніи отъ сосочка и затѣмъ вступало въ послѣдній, гдѣ оно, изгибаясь въ большей или меньшей степени, достигало, приблизительно, верхней трети или средней части сосочка. Въ означенномъ мѣстѣ осевой цилиндръ волокна распадался на нѣсколько довольно толстыхъ вѣточекъ, которыя зигзагообразно изгибались, направляясь къ верхушкѣ сосочка, на этомъ пути отда-

вали боковыя вѣточки, а затѣмъ, вблизи периферіи верхушки сосочка, дѣлились на множество различной толщины нитей. Означенныя нити и боковыя вѣточки пронизывали всю верхушку сосочка и шли болѣе или менѣе параллельно краю послѣдняго, вслѣдствіе чего казались дугообразно изогнутыми. Обыкновенно онѣ вновь подвергались дѣленію, перекрещивались и соединялись другъ съ другомъ и занимали собою всю верхушку сосочка, вплоть до самаго эпителия. Всѣ нити, образующія описанное концевое развѣтвленіе, были усажены различной величины расширениями многоугольной формы, болѣе или менѣе вытянутыми въ длину; расширения эти придавали всему развѣтвленію своеобразный видъ.

Описанныя и имъ подобныя концевыя развѣтвленія мякотныхъ нервныхъ волоконъ нѣсколько отличаются отъ тѣхъ нервныхъ аппаратовъ, которые Ruffini назвалъ «focchetti papillari» и, видимо, представляютъ болѣе сложныя ихъ формы.

Что касается простыхъ формъ «сосочковыхъ кистей», то онѣ вполне вѣрно и подробно описаны Ruffini, и въ этомъ отношеніи я могу лишь подтвердить его наблюденія. Между прочимъ, одинъ изъ такихъ аппаратовъ представленъ на фиг. 47, на которой видно, какъ два довольно толстыхъ осевыхъ цилиндра, принадлежащихъ каждый отдѣльному мякотному волокну (потерявшему мякоть вблизи сосочка), входятъ въ сосочекъ, извиваются въ немъ, послѣ чего распадаются на утолщенные мѣстами вѣточки. Послѣднія изгибаются въ сосочкѣ и образуютъ нѣсколько связанныхъ между собою петель; отъ нихъ, въ свою очередь, отходятъ короткія боковыя вѣточки, которыя кажутся какъ бы оканчивающимися утолщеніями.

Окончанія нервовъ въ эпителии. Въ эпителии кожи, какъ это было уже давно извѣстно, существуютъ двоякаго рода нервныя окончанія: нервныя концевыя развѣтвленія въ эпителии str. germinativum [Langerhans¹⁾, Ranvier²⁾, я³⁾, Retzius⁴⁾ и многіе другіе] и «осязательныя клѣтки», описанныя впервые Fr. Merkel'емъ въ эпителии кожи, взятой съ различныхъ мѣстъ поверхности тѣла человека.

1) Концевыя развѣтвленія въ эпителии str. germinativum (фиг. 47) окрашиваются метиленовою синью довольно трудно. Въ случаѣ удачной окраски означенныхъ нервныхъ развѣтвленій, можно констатировать, что они происходятъ отъ тѣхъ же мякотныхъ нервныхъ волоконъ, которыя какъ было указано выше, оканчиваются въ сосочкахъ неинкапсулированными клубочками, петлевидно изогнутыми и связанными между собою пучками нервныхъ нитей, и внутрисосочковою нервною сѣтью, а равно отдають вѣточки къ тѣльцамъ Мейсснера и, развѣтвляясь въ нихъ, образуютъ сѣть, оплетающую концевыя развѣтвленія толстыхъ мякотныхъ волоконъ. Обыкновенно, какъ отъ пучковъ нитей, такъ и отъ сѣти, образуемой послѣдними въ сосочкахъ, отдѣляются то пучечки нитей, то отдѣльныя ниточки, ко-

1) Ueber die Nerven der menschlichen Haut. Virchow's Archiv. Bd. 44. 1868.

2) Л. с., стр. 9.

3) Л. с., стр. 10.

4) Einige Beiträge zur Kenntnis der intraepithelialen Endigungsweise der Nerven. Biol. Untersuchungen. N. F. Bd. VI, стр. 62.

торые въ разныхъ мѣстахъ сосочковъ, начиная отъ ихъ основанія и кончая верхушкою, проникаютъ въ эпителий. Здѣсь тѣ и другія постепенно распадаются на множество тончайшихъ ниточекъ, которыя зигзагообразно извиваются между эпителиальными клѣтками, на своемъ пути вновь подвергаются дѣленію и, соединяясь другъ съ другомъ, оплетаютъ клѣтки. Такъ какъ нервныя нити располагаются въ промежуткахъ между клѣтками, то поэтому петли образуемой ими сѣти имѣютъ многоугольную форму и кажутся вытянутыми въ длину лишь въ *str. cylindricum*, гдѣ самыя клѣтки имѣютъ такъ же цилиндрическую или болѣе или менѣе коническую форму. Нити, отходящія отъ нервной сѣти, помѣщающейся въ Мейсснеровыхъ тѣльцахъ, проникаютъ въ эпителий (см. типичныя Мейсснеровы тѣльца) со стороны верхушки сосочковъ и также участвуютъ въ образованіи интраэпителиальной нервной сѣти. Насколько я могъ замѣтить, интраэпителиальныя нервныя нити достигаютъ *str. granulosum* и, повидимому, не проникаютъ въ этотъ послѣдній.

Что касается самыхъ интраэпителиальныхъ нитей, то онѣ, какъ было сказано выше, очень тонки и усажены небольшими круглыми и веретенообразными утолщеніями.

Въ послѣднее время Е. Botezat¹⁾ въ одной изъ своихъ работъ указываетъ на существованіе въ эпителии троякаго рода интраэпителиальныхъ нервныхъ окончаній. Однѣ изъ интраэпителиальныхъ нитей, по наблюденіямъ Botezat, берутъ начало отъ осязательныхъ дисковъ, другія — отъ нервного сплетенія, расположеннаго подъ эпителиальными валиками, и, наконецъ, третьи — происходятъ отъ мякотныхъ нервныхъ волоконъ, которыя проникаютъ въ сосочки кожи, подвергаются здѣсь дѣленію, послѣ чего осевые цилиндры ихъ вступаютъ въ эпителий, гдѣ и оканчиваются интраэпителиально. Всѣ нервныя нити, проникшія въ эпителий, какъ полагаетъ Botezat, вступаютъ въ эпителиальныя клѣтки и, мало того, дѣлятся въ нихъ, нерѣдко достигаютъ клѣточного ядра и оканчиваются пуговчатыми утолщеніями. Что нервныя ниточки проникаютъ въ эпителиальныя клѣтки и оканчиваются въ нихъ пуговками, объ этомъ мы находимъ указанія еще у Pfitzner'a, но съ тѣхъ поръ только очень ограниченное число изслѣдователей, въ томъ числѣ Huss и Е. Botezat, высказались за подобный способъ окончанія нервовъ въ эпителии. Мнѣ приходилось изслѣдовать много разъ нервныя окончанія въ эпителии роговицы, слизистыхъ оболочекъ и кожи, при чемъ, несмотря на вполне удавшуюся окраску нервовъ и примѣненіе сильныхъ иммерзійныхъ системъ, я ни разу не могъ убѣдиться съ достаточною ясностью, чтобы нервныя ниточки проникали внутрь эпителиальныхъ клѣтокъ — онѣ постоянно располагались между клѣтками и лишь оплетали послѣднія съ поверхности. То же самое я долженъ повторить и въ настоящее время по отношенію къ нервнымъ окончаніямъ въ кожѣ человѣка. Не отрицая вполне возможности существованія подобнаго рода внутриклѣточныхъ окончаній, я тѣмъ не менѣе полагаю, что къ наблюденіямъ, говорящимъ въ пользу означеннаго способа окончаній нервовъ, пока слѣдуетъ относиться крайне осторожно.

Что касается того особаго вида нервныхъ окончаній въ эпителии, который былъ опи-

1) Die Nervenendigungen in der Schnauze des Hundes. Morphologisches Jahrbuch. Bd. XXIX, 4.

санъ Д. Третьяковымъ¹⁾ въ кожѣ пяточка свиного рыла, то существованія его въ кожѣ человѣка мнѣ не удалось констатировать, вѣроятно благодаря трудности, съ какою эти окончанія окрашиваются метиленовою синью.

2) Осязательныя клѣтки *Merkel*'я (фиг. 51, 52, 53 и 54) находятся исключительно въ эпителиальныхъ валикахъ; здѣсь онѣ, помѣщаясь между эпителиальными клѣтками, встрѣчаются въ огромномъ количествѣ по всей верхушкѣ каждого валика, при чемъ на мѣстахъ вступленія въ эпителий выводныхъ протоковъ потовыхъ железъ означенныя клѣтки отодвигаются въ стороны, и, вслѣдствіе этого, здѣсь онѣ являются особенно скученными. Я не буду останавливаться на описаніи формы осязательныхъ клѣтокъ, ихъ положенія и пр., такъ какъ все это достаточно точно и подробно изложено *Merkel*'емъ²⁾, *Ranvier*³⁾, *Schymonowicz*'емъ⁴⁾, *Votzat*⁵⁾, Третьяковымъ и др. наблюдателями, моя задача указать лишь на отношеніе къ этимъ клѣткамъ нервовъ.

Отъ нерваго сплетенія, расположеннаго въ поверхностной части *st. reticulare*, обыкновенно отщепляются тонкіе нервныя стволики, составленные изъ нѣсколькихъ (2—3) мякотныхъ волоконъ различной толщины. Они идутъ, извиваясь, то въ косомъ, то въ болѣе или менѣе отвѣсномъ направленіи къ эпителиальнымъ валикамъ, при чемъ волокна, образующія стволики, на своемъ пути подвергаются дѣленію, а самыя стволики, пройдя извѣстное разстояніе, въ свою очередь распадаются на 2—3 вѣтви. Послѣднія, приближаясь къ эпителиальнымъ валикамъ, иногда вновь дѣлятся на нѣсколько вѣточекъ и дѣлаютъ на своемъ пути болѣе или меньшее число изгибовъ. Мякотныя волокна, входящія въ составъ описываемыхъ вѣточекъ, теряютъ мякоть почти непосредственно подъ эпителиемъ, при чемъ, насколько я могъ замѣтить, тонкія волокна лишаются мякоти раньше толстыхъ волоконъ, — нерѣдко даже на довольно большомъ разстояніи отъ эпителиальныхъ валиковъ. Осевые цилиндры толстыхъ волоконъ тотчасъ же вступаютъ въ эпителий и распадаются на нѣсколько повторно дѣлящихся вѣточекъ, которыя часто изгибаются различнымъ образомъ; пробираясь между эпителиальными клѣтками, онѣ въ отвѣсномъ, косомъ и горизонтальномъ направленіяхъ, по отношенію къ поверхности кожи, подходятъ подъ осязательныя клѣтки, сплющиваются ими и принимаютъ видъ давно уже извѣстныхъ осязательныхъ дисковъ (менисковъ). Послѣдніе имѣютъ, сравнительно, небольшую величину, кажутся нѣсколько выпуклыми со стороны, обращенной къ верхушкѣ валиковъ, при чемъ края ихъ являются неровными, угловатыми, такъ что самыя диски, собственно говоря, имѣютъ форму болѣе или менѣе вогнутыхъ многоугольныхъ пластинокъ. Описываемыя пластинки не всегда представляются выпуклыми по направленію къ верхушкѣ валиковъ: нерѣдко выпуклость ихъ

1) Zur Frage der Nerven der Haut. Zeitschr. f. wissenschaft. Zoologie. Bd. LXXI, H. 4.

2) Ueber die Endigungen der sensiblen Nerven in der Haut der Wirbelthiere. Rostock. 1880.

3) L. c., стр. 10.

4) Beiträge zur Kenntniss der Nervenendigungen in Hautgebilden. Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. XLV.

5) Die Nervenendigungen an den Tasthaaren von Säugethieren. Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. L. Die Innervation des harten Gaumens der Säugethiere. Zeitschr. f. wissenschaft. Zoologie. Bd. LXIX, H. 3.

бываетъ обращена въ сторону той или другой изъ боковыхъ поверхностей валиковъ, а иногда и въ сторону поверхности кожи.

Разсматривая осязательныя пластинки при иммерзійныхъ системахъ, можно констатировать, что въ составъ ихъ входятъ тончайшія фибриллы и небольшое количество межфибрилярнаго вещества. Кромѣ того, даже при слабыхъ увеличеніяхъ, не трудно видѣть, что отъ угловъ пластинокъ отдѣляются различной длины, часто довольно толстыя нити, которыя расходятся въ разныя стороны, иногда виллообразно дѣлятся и затѣмъ, подойдя къ той или другой осязательной клѣткѣ, снова сплющиваются и принимаютъ видъ пластинокъ; съ послѣдними повторяется тоже, что и съ первыми, вслѣдствіе чего множество пластинокъ оказываются связанными другъ съ другомъ. Указанная связь между пластинками особенно ясно выступаетъ на плоскостныхъ и косыхъ разрѣзахъ; тогда пластинки являются въ видѣ многоугольных листочковъ, отъ угловъ которыхъ отходятъ въ разныя стороны нити, связывающія пластинки другъ съ другомъ. Въ извѣстныхъ случаяхъ, въ особенности когда нервы окрасились не совсѣмъ удачно, на препаратахъ попадаетъ немало такихъ пластинокъ, отъ которыхъ отдѣляются нити, повидимому, не оканчивающіяся пластинками. Подобныя нити удается прослѣдить на небольшомъ протяженіи между эпителиальными клѣтками, и затѣмъ онѣ ускользаютъ отъ наблюденія. Botezat полагаетъ, что только что описанныя ниточки оканчиваются внутри эпителиальныхъ клѣтокъ; мнѣ же думается, что онѣ ничѣмъ не отличаются отъ тѣхъ нитей, которыя оканчиваются пластинками; связи ихъ съ послѣдними нельзя видѣть или потому, что пластинки не окрасились метиленовою синью, или отъ какихъ-либо другихъ причинъ.

Отходятъ ли отъ осязательныхъ пластинокъ ниточки въ осязательныя клѣтки, какъ это было замѣчено мною¹⁾ для тѣлецъ Grandry, рѣшить довольно трудно, благодаря незначительной величинѣ самыхъ клѣтокъ, но тѣмъ не менѣе, при разсматриваніи нѣкоторыхъ препаратовъ помощью иммерзій, можно было замѣтить существованіе подобныхъ ниточекъ, хотя и не съ такою ясностью, какъ въ тѣльцахъ Grandry.

Что касается способа окончанія тѣхъ мякотныхъ волоконъ, которыя теряютъ мякоть на извѣстномъ разстояніи отъ эпителиальныхъ валиковъ, то осевые ихъ цилиндры направляются къ верхушкамъ валиковъ и постепенно дѣлятся на нѣсколько довольно толстыхъ варикозныхъ нитей. Послѣднія или стелятся сначала вдоль верхушки валиковъ и на своемъ пути нерѣдко подвергаются дѣленію и затѣмъ вступаютъ въ эпителий, или же, достигнувъ верхушки валиковъ, тотчасъ же проникаютъ въ эпителий. Въ обоихъ случаяхъ нервныя нити извиваются между эпителиальными клѣтками, многократно дѣлятся, подходятъ въ количествѣ одной или нѣсколькихъ къ каждой осязательной клѣткѣ и здѣсь распадаются на множество болѣе или менѣе тонкихъ усаженныхъ мелкими варикозностями ниточекъ. Означенныя ниточки соединяются другъ съ другомъ и образуютъ вокругъ каждой клѣтки густую сѣть, въ которой клѣтка помѣщается какъ въ корзинкѣ (фигг. 52, 53

1) Die Beziehungen der Nerven zu den Grandry'schen Körperchen. Zeitsch. f. wiss. Zoologie. Bd. LXVII, 3.

и 54). Обыкновенно отъ оплетающей ту или другую клѣтку сѣти отдѣляются еще ниточки къ другимъ сосѣднимъ клѣткамъ, при чемъ онѣ или только присоединяются къ нитямъ сѣточекъ, образуемой другими нитями, или же, распавшись на извѣстное количество ниточекъ, принимаютъ главное участіе въ образованіи вокругкѣточной сѣточки. Такимъ образомъ, благодаря описаннымъ ниточкамъ, вокругкѣточные сѣточки стоятъ въ непосредственной связи другъ съ другомъ.

Приведенныя наблюденія указываютъ намъ, что въ кожѣ человѣка существуетъ такое же отношеніе нервовъ къ осязательнымъ клѣткамъ Merkel'я, какое наблюдается въ тѣлцахъ Grandry и въ подобныхъ же клѣткахъ, помѣщающихся въ эпителии твердаго нѣба и кожи морды (Botezat), а равно и въ наружномъ корневомъ влагалищѣ сумки волоса (Третьяковъ) у млекопитающихъ.

Оканчивая свою статью о нервахъ кожи человѣка, я долженъ еще сказать нѣсколько словъ по поводу тѣхъ особенныхъ пигментныхъ клѣтокъ, которыя, съ легкой руки Langerhans'a, до настоящаго времени не перестаютъ еще смущать изслѣдователей и принимаются нѣкоторыми изъ нихъ (Леонтовичъ) за нервные элементы.

Пигментныя клѣтки (фиг. 55). Въ эпителиальныхъ валикахъ кожи (особенно сильно пигментированныхъ субъектовъ) на разрѣзахъ, окрашенныхъ метиленовою синью, постоянно можно встрѣтить клѣтки, которыя, по своей формѣ и отношенію къ нимъ метиленовой сини, легко принять за периферическія нервные клѣтки. Онѣ обыкновенно помѣщаются не только между клѣтками эпителиальныхъ валиковъ, на различномъ разстояніи отъ подлежащей соединительной ткани, но и въ этой послѣдней, гдѣ клѣтки лежатъ непосредственно подъ эпителиемъ. Тѣло описываемыхъ клѣтокъ имѣетъ видъ комочка угловатой формы, при чемъ отъ угловъ его отходятъ въ разныя стороны болѣе или менѣе толстые отростки. Послѣдніе располагаются между эпителиальными клѣтками и постепенно дѣлятся на множество вѣточекъ, вслѣдствіе чего клѣтка кажется мультиполярною. Отъ отростковъ, въ свою очередь, отдѣляются короткія и тонкія боковыя вѣточки (отпрыски), имѣющія видъ шиповъ. Если тѣло клѣтки помѣщается непосредственно подъ эпителиальнымъ валикомъ (у его верхушки, или же прилегаетъ къ боковой поверхности валика), то отростки ея все-таки направляются въ эпителий и развѣтвляются между эпителиальными клѣтками. Метиленовою синью клѣтки эти окрашиваются весьма интенсивно и тогда производятъ впечатлѣніе нервныхъ клѣтокъ. Если одновременно съ означенными клѣтками окрасятся и развѣтвленія нервовъ въ эпителии и подъ нимъ, то нервныя вѣточки и нити мѣстами будутъ перекрещиваться съ клѣтками и ихъ отростками, мѣстами прилегать къ нимъ на большемъ или меньшемъ протяженіи, при чемъ на первый взглядъ можетъ показаться, что онѣ даже стоятъ въ непосредственной связи съ описываемыми клѣтками или ихъ отростками. Но при болѣе подробномъ и тщательномъ изслѣдованіи всегда окажется, что мультиполярныя клѣтки никакого отношенія къ нервамъ не имѣютъ, а лишь мѣстами соприкасаются съ ними.

Обыкновенно на одномъ и томъ же препаратѣ — рядомъ съ окрашенными имѣются и неокрашенныя клѣтки. Въ подобныхъ случаяхъ не трудно констатировать присутствіе въ

клеткахъ и ихъ отросткахъ многочисленныхъ зернышекъ бураго или желтаго пигмента, и тогда иллюзія относительно нервной природы этихъ клетокъ окончательно исчезаетъ. Находящіяся въ клеткахъ пигментныя зернышки прежде всего окрашиваются метиленовою синью, затѣмъ уже наступаетъ окрашиваніе ядеръ и протоплазмы, и, въ концѣ концовъ, вся клетка получаетъ болѣе или менѣе интенсивную окраску. Указанныя клетки были подробно изучены Плюшковымъ¹⁾, который признаетъ ихъ за особенный видъ клетокъ. Принадлежатъ ли онѣ къ особому виду клетокъ или нѣтъ, но, во всякомъ случаѣ, ихъ разъ навсегда слѣдуетъ исключить изъ категоріи периферическихъ нервныхъ клетокъ или изъ числа клеточныхъ концевыхъ органовъ въ смыслѣ Langerhans'a.

1) Матеріалы къ гистологіи кожи млекопитающихъ. Казань, 1890 г.

Замѣченныя опечатки.

На страницѣ 9 въ сноскѣ¹⁾ напечатано «XII édition» нужно читать «II édition».

На страницѣ 9 въ сноскѣ²⁾ напечатано «vascularizzazione» нужно читать «vascularisazione».

ОБЪЯСНЕНИЕ РИСУНКОВЪ.

Фиг. 1. Типичное Фатеръ-Пачиніево тѣльце въ продольномъ разрѣзѣ: *a* — осевой цилиндръ, развѣтвляющійся во внутренней колбѣ; *b* — соединительнотканная пластинка капсулы. Кожа съ пальца ноги. Obj. C, Zeiss'a; полувыдвинутая труба.

Фиг. 2. Часть типичнаго Фатеръ-Пачиніева тѣльца въ продольномъ разрѣзѣ: *a* — осевой цилиндръ; *b* — соединительнотканная пластинка капсулы; *c* — концевое развѣтвление нервного волокна второго рода (тонкаго мякотнаго волокна). Кожа съ пальца руки. Obj. E, Zeiss'a.

Фиг. 3. Сосочекъ съ расположенными въ немъ видоизмѣненнымъ Фатеръ-Пачиніевымъ тѣльцемъ (тѣльце Golgi-Mazzoni), кровеносными сосудами и внутрисосочковыми пучками нервныхъ нитей: *a* — осевой цилиндръ, развѣтвляющійся въ тѣльцѣ; *b* — соединительнотканная пластинка оболочки тѣльца; *c* — концевыя развѣтвленія нервного волокна второго рода; *d* — нервная вѣточка, распадающаяся на внутрисосочковые пучки ниточекъ. Кожа съ пальца ноги. Obj. E, Zeiss'a.

Фиг. 4. Сосочекъ съ видоизмѣненнымъ Фатеръ-Пачиніевымъ тѣльцемъ и неинкапсулированнымъ нервнымъ клубочкомъ: *a* — осевой цилиндръ, развѣтвляющійся въ тѣльцѣ; *b* — соединительнотканная пластинка оболочки тѣльца; *c* — нервныя волокна, оканчивающіяся неинкапсулированнымъ клубочкомъ и внутрисосочковымъ пучкомъ нитей (*d*); пучокъ помѣщается позади клубочка. Кожа съ пальца ноги. Obj. E, Zeiss'a; полувыдвинутая труба.

Фиг. 5, 6 и 7. Видоизмѣненные Фатеръ-Пачиніевы тѣльца, помѣщающіяся въ сосочкахъ: *a* — мякотныя нервныя волокна, развѣтвляющіяся въ тѣльцахъ; *b* — соединительнотканная пластинка оболочки тѣлецъ; *c* — осевой цилиндръ тонкаго мякотнаго волокна, концевое развѣтвление котораго оплетаетъ аппаратъ, образуемый развѣтвленіемъ толстаго волокна. Кожа съ пальца ноги. Фиг. 6 срисована при Obj. E, а фиг. 7 и 8 — при иммерзіи $\frac{1}{12}$ Zeiss'a.

Фиг. 8. Видоизмѣненное Фатеръ-Пачиніево тѣльце, лежащее въ самомъ основаніи сосочка: *a* — мякотное волокно, осевой цилиндръ котораго развѣтвляется въ тѣльцѣ; *b* — соединительнотканная пластинка оболочки; *c* — эпителиальный валикъ. Кожа съ пальца руки. Имм. $\frac{1}{12}$, Zeiss'a.

Фиг. 9. Колбасовидной формы видоизмѣненное Фатеръ-Пачиніево тѣльце, помѣщающееся подъ эпителиальнымъ валикомъ; само тѣльце кажется изогнутымъ: *a* — мякотное волокно, оканчивающееся въ тѣльцѣ; *b* — соединительнотканная пластинка оболочки; *b* — нѣкоторыя изъ нервныхъ ниточекъ, которыми оканчивается въ тѣльцѣ тонкое мякотное волокно; *d* — эпителиальный валикъ. Кожа съ пальца ноги. Obj. E, Zeiss'a.

Фиг. 10. Особая разновидность тѣлецъ Golgi-Mazzoni: *a* — мякотное нервное волокно; *b* — соединительнотканная оболочка тѣльца; *c* — эпителий. Кожа съ пальца ноги. Obj. C, Zeiss'a; полувыдвинутая труба.

Фиг. 11 и 12. Тѣльца съ нервными окончаніями въ видѣ пластинокъ: *a* — мякотное нервное волокно; *b* — оболочка; *c* — нервныя ниточки, быть можетъ принадлежащія къ концевымъ развѣтвленіямъ тонкихъ мякотныхъ волоконъ. Кожа съ пальца руки. Имм. $\frac{1}{12}$ Zeiss'a.

Фиг. 13. Два типичныхъ Мейснеровыхъ тѣльца: *a* — мякотное нервное волокно дѣлится на двѣ вѣточки, изъ которыхъ каждая оканчивается въ отдѣльномъ тѣльцѣ; *c* — эпителий. Кожа съ пальца ноги. Obj. C, Zeiss'a; полувыдвинутая труба.

Фиг. 14 и 15. Типичныя Мейснеровы тѣльца. На фиг. 14 видно, какъ два мякотныхъ нервныхъ волокна извиваются по поверхности тѣльца, и затѣмъ лишь, потерявъ мякоть, вступаютъ въ полость послѣдняго: *a* — нервныя волокна, оканчивающіяся въ тѣльцахъ; *b* — нервныя волокна, оканчивающіяся въ сосочкѣ петлеобразно изогнутыми пучками (*b'*) ниточекъ; *c* — кровеносные сосуды; *d* — эпителий. Кожа съ пальца ноги. Фиг. 14 срисована при Obj. D, а фиг. 15 — при имм. $\frac{1}{12}$, Zeiss'a.

Фиг. 16. Сосочекъ, въ которомъ помѣщается сложное Мейснерово тѣльце. Въ тѣльце, въ разныхъ его мѣстахъ, вступаютъ осевые цилиндры трехъ мякотныхъ волоконъ (*a*, *b* и *c*) и оканчиваются развѣтвленіями; четвертое волокно (*d*) окрасилось лишь на небольшомъ протяженіи; *e* — пучки нервныхъ нитей и отдѣльныя нити; *f* — кровеносные сосуды. Кожа съ пальца ноги. Obj. D, Zeiss'a; полувыдвинутая труба.

Фиг. 17. Сосочекъ, заключающій въ себѣ сложное Мейснерово тѣльце. Въ долькахъ тѣльца оканчиваются осевые цилиндры трехъ мякотныхъ волоконъ (*a*, *a'* и *b*); на препаратѣ было видно, какъ волокно *b* присоединялось потомъ къ волокнамъ *a* и составляло вмѣстѣ съ ними одинъ пучокъ; *c* — дольки. Кожа съ пальца ноги. Obj. D, Zeiss'a.

Фиг. 18. Мейснерово тѣльце съ оканчивающимися въ немъ осевыми цилиндрами трехъ мякотныхъ волоконъ (*a*, *b* и *c*); послѣднія вступаютъ въ тѣльце въ различныхъ его мѣстахъ. Кожа съ пальца ноги. Имм. $\frac{1}{12}$, Zeiss'a.

Фиг. 19. Сосочекъ съ Мейснеровымъ тѣльцемъ, въ которомъ видны концевыя развѣтвленія, образуемая двумя различными мякотными волокнами — толстымъ (*a*) и тонкимъ (*b*); *c* — эпителий. Кожа съ пальца руки. Имм. $\frac{1}{12}$, Zeiss'a.

Фиг. 20. Сосочекъ, заключающій Мейснерово тѣльце съ нервными аппаратами, образуемыми толстымъ (*a*) и тонкимъ (*b*) мякотными волокнами; *c* — эпителий. Кожа съ пальца руки. Obj. E, Zeiss'a.

Фиг. 21 *А* и *В*. Два Мейснеровыхъ тѣльца, помѣщающіеся въ различныхъ сосочкахъ. На фиг. *А* изображены осевые цилиндры двухъ толстыхъ мякотныхъ волоконъ (*a*) и концевыя развѣтвленія ихъ въ долькахъ тѣльца. Кромѣ того, рядомъ съ этимъ видна тонкая безмякотная вѣточка (*b*), которая вблизи тѣльца дѣлится на нѣсколько нитей; одна изъ нихъ направляется къ периферіи сосочка, гдѣ и распадается на пучокъ тонкихъ ниточекъ; остальные нити вступаютъ въ тѣльце и оканчиваются въ немъ. Продолженіе вѣточки *b* представлено на фиг. *В*, гдѣ видно, что означенная вѣточка принадлежитъ тонкому мякотному волокну *c*. Означенное волокно виллообразно дѣлится на двѣ вѣточки — *b* и *b'*, изъ которыхъ первая идетъ къ описанному Мейснеровому тѣльцу, а вторая къ тѣльцу, изображенному на фиг. *В*. Вѣточка *b'* распадается на нѣсколько тонкихъ ниточекъ, которыя вступаютъ въ тѣльце и образуютъ въ немъ концевыя развѣтвленія. Последнія оплетаютъ первый аппаратъ, которымъ оканчивается въ данномъ тѣльцѣ осевой цилиндръ (*a*) толстаго мякотнаго волокна. Отъ вѣточки *b'* отдѣляется еще вѣточка (*b''*), направляющаяся въ другой сосочекъ, гдѣ она оканчивается пучкомъ нитей. Чтобы не увеличивать размѣровъ фиг. *В*, на ней представлена лишь небольшая часть означенной вѣточки (*b''*) и сосочекъ; *d* — дольки; *e* — кровеносные сосуды. Кожа съ пальца ноги. Obj. D, Zeiss'a; полувыдвинутая труба.

Фиг. 22. Сосочекъ съ сложнымъ Мейснеровымъ тѣльцемъ, въ которомъ оканчивается толстое мякотное волокно (*a*) и одновременно съ этимъ видны концевыя развѣтвленія (*b*) тонкаго мякотнаго волокна; *c* — эпителий. Кожа съ пальца ноги. Имм. $\frac{1}{12}$, Zeiss'a.

Фиг. 23. Сосочекъ со сложными Мейснеровымъ тѣльцемъ и оканчивающимися въ немъ осевыми цилиндрами (*b*) двухъ тонкихъ мякотныхъ волоконъ. Въ самомъ тѣльцѣ видны не вполне окрасившіяся концевыя развѣтвленія (*a*) толстаго мякотнаго волокна; *c* — эпителий. Кожа съ пальца руки. Имм. $\frac{1}{12}$, Zeiss'a.

Фиг. 24. Сложное Мейснерово тѣльце, въ которомъ развѣтвленія осевого цилиндра (*a*) мякотнаго волокна окрасились метиленовою синью лишь отчасти; *b* — развѣтвленія, которыми оканчиваются тонкія мякотныя волокна. Кожа съ пальца ноги. Имм. $\frac{1}{12}$, Zeiss'a.

Фиг. 25. Сосочекъ со сложнымъ Мейснеровымъ тѣльцемъ: *a* — толстое мякотное нервное волокно; развѣтвленія осевого цилиндра окрасились, какъ и на фиг. 24, только отчасти и притомъ слабо; *c* — нервныя волокна второго рода съ ихъ концевыми развѣтвленіями въ тѣльцѣ; *c* — эпителий. Кожа съ пальца руки. Имм. $\frac{1}{12}$, Zeiss'a.

Фиг. 26. Сосочекъ со сложнымъ Мейснеровымъ тѣльцемъ: *a* — мякотное нервное волокно перваго рода (толстое) и его концевыя развѣтвленія; *b* — мякотное волокно второго рода (тонкое); вблизи тѣльца оно распадается на двѣ вѣточки: безмякотную (*c*) и мякотную (*d*). Первая дѣлится предварительно на нѣсколько нитей, которыя затѣмъ вступаютъ въ тѣльце и переплетаются съ развѣтвленіями волокна *a*, при чемъ 2 ниточки выходятъ изъ тѣльца, у его верхушки. Вторая вѣточка теряетъ вблизи его мякоть, послѣ чего распадается на цѣлый клубокъ ниточекъ, а отъ него уже отдѣляется нѣсколько ниточекъ, которыя вступаютъ въ тѣльце. Кожа съ пальца руки. Имм. $\frac{1}{12}$, Zeiss'a.

Фиг. 27. Сосочекъ съ двумя сложными Мейснеровыми тѣльцами: *a* — осевые ци-

линдры толстыхъ мякотныхъ волоконъ; концевыя развѣтвленія послѣднихъ не докрасились метиленовою синью; *b* — нервное волокно, оканчивающееся у верхушки тѣльца неинкапсулированнымъ нервнымъ клубочкомъ; *b'* — пучки нервныхъ нитей; *c* — кровеносные сосуды. Кожа съ пальца ноги. Obj. D, Zeiss'a; полувыдвинутая труба.

Фиг. 28 и 29. Сосочки съ простыми формами видоизмѣненныхъ тѣлецъ Мейсснера: *a* — мякотныя нервныя волокна; *b* — тонкія нервныя ниточки, оплетающія на извѣстномъ протяженіи развѣтвленія нервного волокна *a* въ неинкапсулированной части тѣльца; *b'* — нервныя нити, вступающія въ инкапсулированную (*c*) часть тѣльца; *d* — кровеносные сосуды. Кожа съ пальца ноги. Obj. D, Zeiss'a; полувыдвинутая труба.

Фиг. 30 *A* и *B*. Сосочки, заключающіе въ себѣ сложныя формы видоизмѣненныхъ Мейсснеровыхъ тѣлецъ: *a* — мякотныя нервныя волокна; *b* — инкапсулированная часть тѣлецъ; *c* — эпителий. Кожа съ пальца ноги. Имм. $\frac{1}{12}$, Zeiss'a.

Фиг. 31. Сосочекъ, заключающій одну изъ переходныхъ формъ видоизмѣненныхъ тѣлецъ Мейсснера: *a* — нервныя волокна; *b* — инкапсулированная часть тѣльца; *c* — кровеносные сосуды. Кожа съ пальца ноги. Obj. E, Zeiss'a.

Фиг. 32 и 33. Инкапсулированныя тѣльца съ концевыми развѣтвленіями, усаженными листовидными расширеніями: *a* — мякотныя нервныя волокна; *b* — оболочка; *c* — эпителий. Кожа съ пальца руки. Имм. $\frac{1}{12}$, Zeiss'a.

Фиг. 34, 35 и 36. Сосочки съ инкапсулированными нервными клубочками: *a* — мякотныя нервныя волокна; *b* — оболочка; *c* — эпителий. На фиг. 36 видно, какъ отъ главнаго клубочка отдѣляется вѣточка, образующая маленькій вторичный клубочекъ. Кожа съ пальца ноги. Имм. $\frac{1}{12}$, Zeiss'a.

Фиг. 37, 38 и 39. Концевыя развѣтвленія (тѣльца) Ruffini въ кожѣ пальцевъ ноги (фиг. 37, 39) и руки (фиг. 38): *a* — мякотныя нервныя волокна; *b* — кровеносные сосуды; *c* — пучки соединительнотканныхъ фибриллей; *d* — ядра. Фиг. 37 срисована при Obj. A (полувыдвинутая труба), а остальные фигуры — при Obj. E, Zeiss'a.

Фиг. 40. Мякотное нервное волокно (*a*), оканчивающееся древовидными концевыми развѣтвленіями въ t. subcutanea. Obj. B, Zeiss'a; полувыдвинутая труба.

Фиг. 41. Мякотныя нервныя волокна (*a*), оканчивающіяся древовидными концевыми развѣтвленіями, расположенными въ str. reticularis и въ сосочкахъ — непосредственно подъ эпителиемъ; *b* — эпителий. Obj. C, Zeiss'a.

Фиг. 42. Мякотное нервное волокно (*a*), оканчивающееся древовиднымъ концевымъ развѣтвленіемъ, расположеннымъ подъ эпителиальнымъ валикомъ (*b*). Кожа съ пальца руки. Имм. $\frac{1}{12}$, Zeiss'a.

Фиг. 43. Осевой цилиндръ мякотнаго волокна (*a*), оканчивающійся древовидными (или скорѣе клубочковидными) развѣтвленіями, расположенными вблизи эпителиальнаго валика (*b*). Кожа съ пальца руки. Имм. $\frac{1}{12}$, Zeiss'a.

Фиг. 44 и 45. Сосочки съ неинкапсулированными нервными клубочками (*b*) и внутрисочковыми пучками нервныхъ нитей (*c*): *a* — осевой цилиндръ мякотнаго нервного волокна;

c' — развѣтвленіе, образуемое двумя нервными нитями; d — кровеносные сосуды; e — эпителий, въ которомъ помѣщаются нервныя ниточки, отдѣлившіяся отъ пучка (фиг. 44) и отъ клубочка (фиг. 45). Кожа съ пальца ноги. Obj. E, Zeiss'a.

Фиг. 46. Сосочекъ кожи съ пальца руки: a — осевой цилиндръ мяготнаго волокна, оканчивающійся древовиднымъ развѣтвленіемъ (c); отъ послѣдняго отдѣляется вѣточка, оканчивающаяся двумя болѣе простыми петлевидными концевыми развѣтвленіями (c'); a' — осевые цилиндры мяготныхъ волоконъ, оканчивающіеся нервнымъ клубочкомъ (b); d — эпителий. Имм. $\frac{1}{12}$, Zeiss'a.

Фиг. 47. Сосочекъ, въ которомъ помѣщаются: неинкапсулированный нервный клубочекъ, внутрисосочковые пучки нервныхъ нитей и «сосочковыя кисти» Ruffini. a — осевые цилиндры мяготныхъ волоконъ, оканчивающіеся такъ называемыми «сосочковыми кистями»; b — нервныя вѣточки, оканчивающіяся внутрисосочковыми пучками нитей и (b') неинкапсулированнымъ клубочкомъ; отъ послѣдняго и одного изъ пучковъ отдѣляется нѣсколько нитей, которыя вступаютъ въ эпителий (d), гдѣ оканчиваются интраэпителиальною сѣтью; c — кровеносные сосуды. Кожа съ пальца ноги. Obj. D, Zeiss'a; полувывдвинутая труба.

Фиг. 48. Сосочекъ съ неинкапсулированнымъ нервнымъ клубочкомъ (b) и внутрисосочковыми пучками (c) нервныхъ ниточекъ; a и a' — мяготныя нервныя волокна; d — кровеносные сосуды. Кожа съ пальца ноги. Obj. D, Zeiss'a; полувывдвинутая труба.

Фиг. 49 *A* и *B*. Сосочки, въ которыхъ помѣщаются петлевидно изогнутыя внутрисосочковые пучки (b) и сѣти нервныхъ нитей (c): a — мяготныя нервныя волокна; c' — нервныя нити, идущія подъ эпителиальными валиками (подсосочковое сплетеніе); d — завитки, образуемые нервными нитями; e — эпителий. Кожа съ пальца ноги. Obj. C, Zeiss'a; полувывдвинутая труба.

Фиг. 50. Сложный сосочекъ съ нервными аппаратами, представляющими собою особую форму такъ называемыхъ «сосочковыхъ кистей» Ruffini: a — осевой цилиндръ мяготнаго нервного волокна; b — нервныя вѣточки, возникшія отъ дѣленія послѣдняго; c — кровеносные сосуды; d — эпителий. Кожа съ пальца ноги. Obj. E, Zeiss'a.

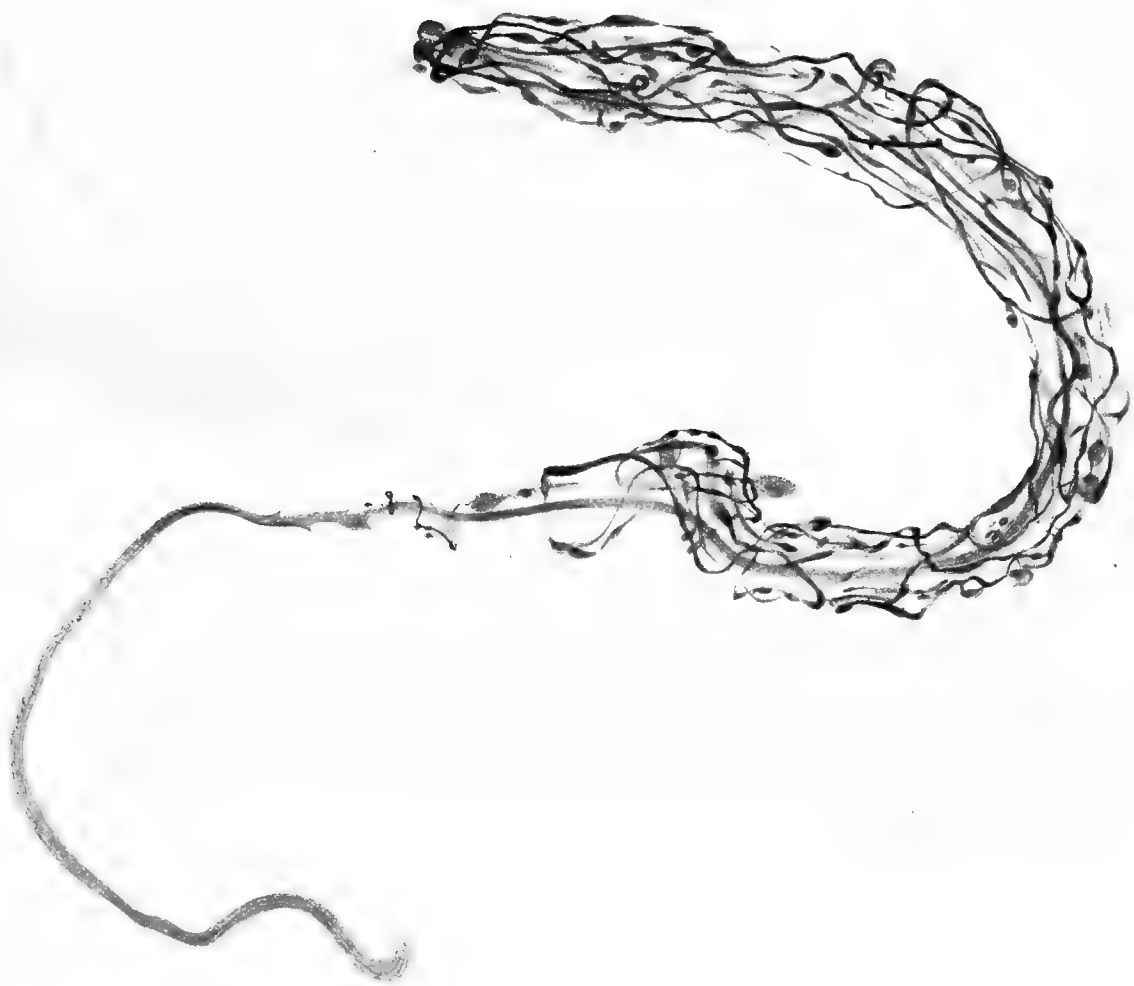
Фиг. 51. Часть эпителиальнаго валика (e) съ расположенными въ немъ осязательными дисками (c): a — мяготныя нервныя волокна; b — тонкія нервныя волокна, распадающіяся въ эпителии на ниточки (d), оплетающія клѣтки Меркеля. Кожа съ пальца руки. Obj. C, Zeiss'a; полувывдвинутая труба.

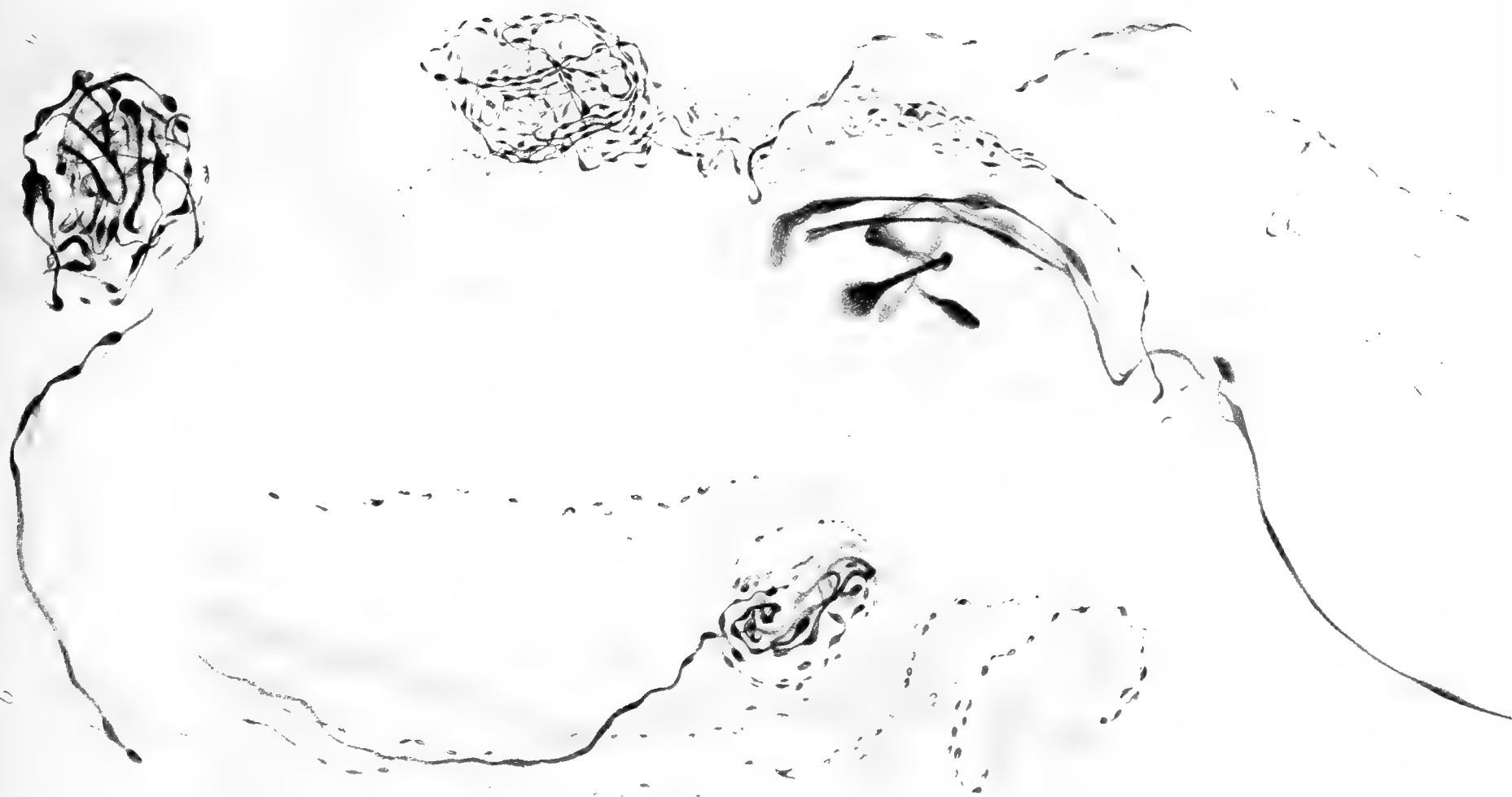
Фиг. 52, 53 и 54. Части эпителиальныхъ валиковъ (c); a — осевые цилиндры тонкихъ мяготныхъ волоконъ; b — концевыя развѣтвленія послѣднихъ, оплетающія клѣтки Меркеля. Кожа съ пальца руки. Имм. $\frac{1}{12}$, Zeiss'a.

Фиг. 55. Эпителиальный валикъ (b) и расположенныя въ немъ пигментныя клѣтки (a). Кожа съ пальца руки. Obj. E, Zeiss'a.

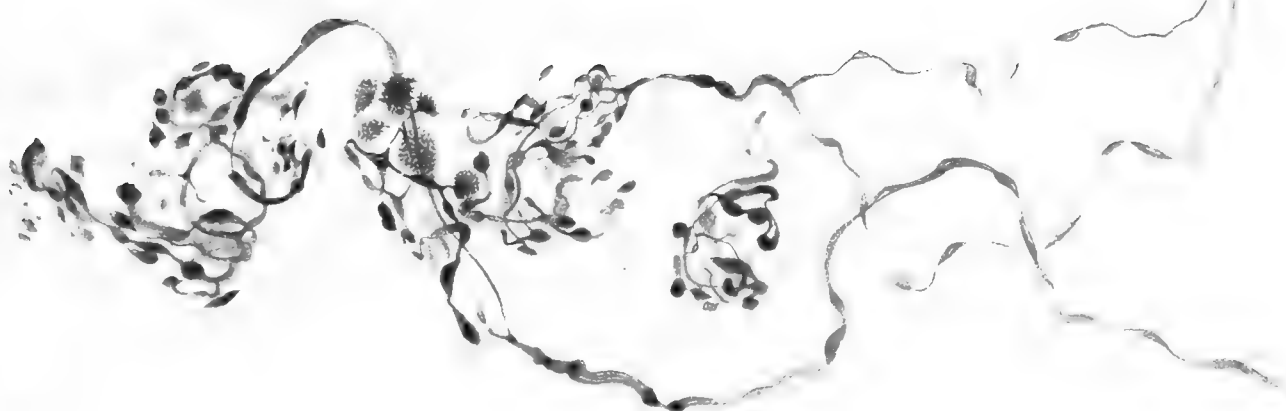
Всѣ рисунки сдѣланы при помощи рисовальной призмы.

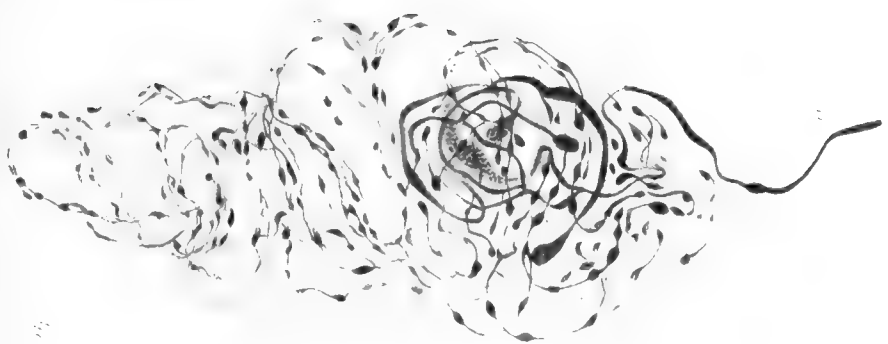


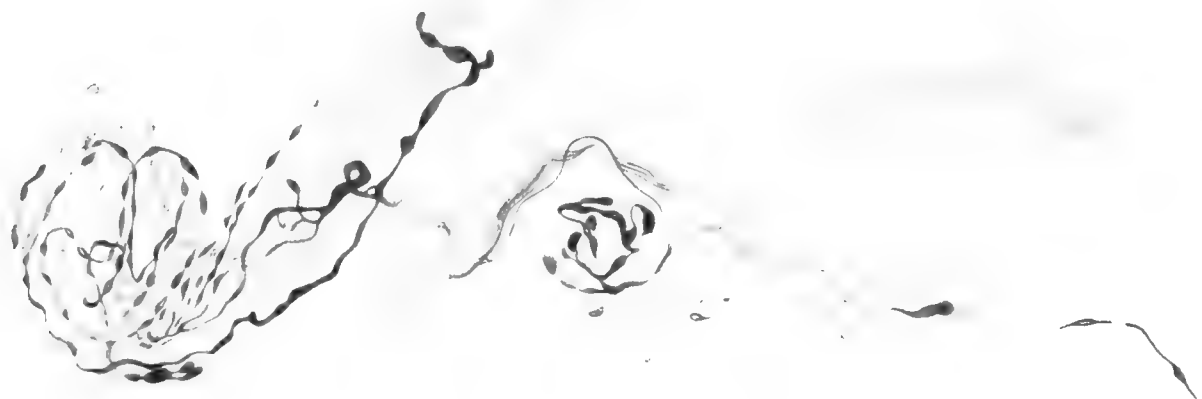


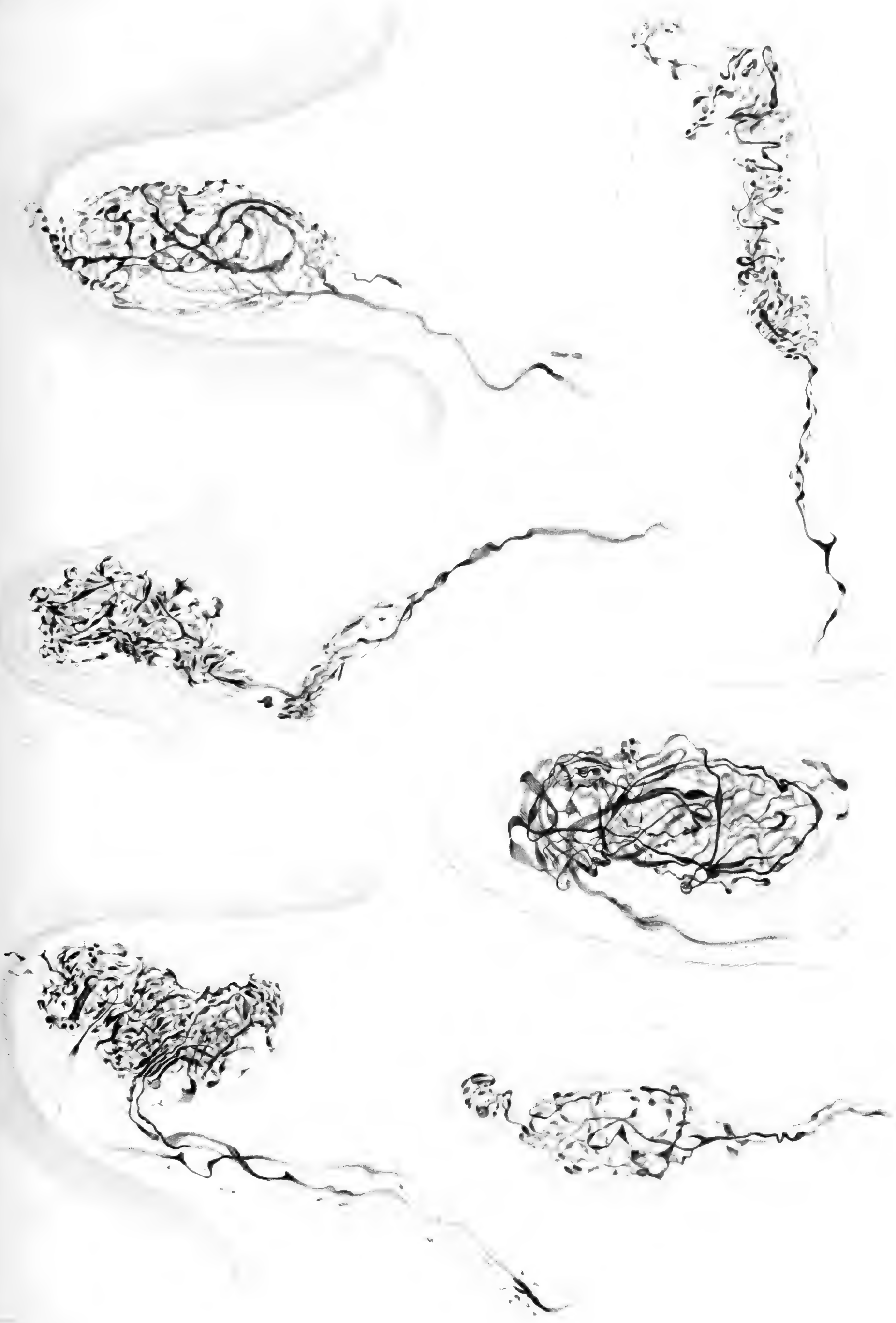




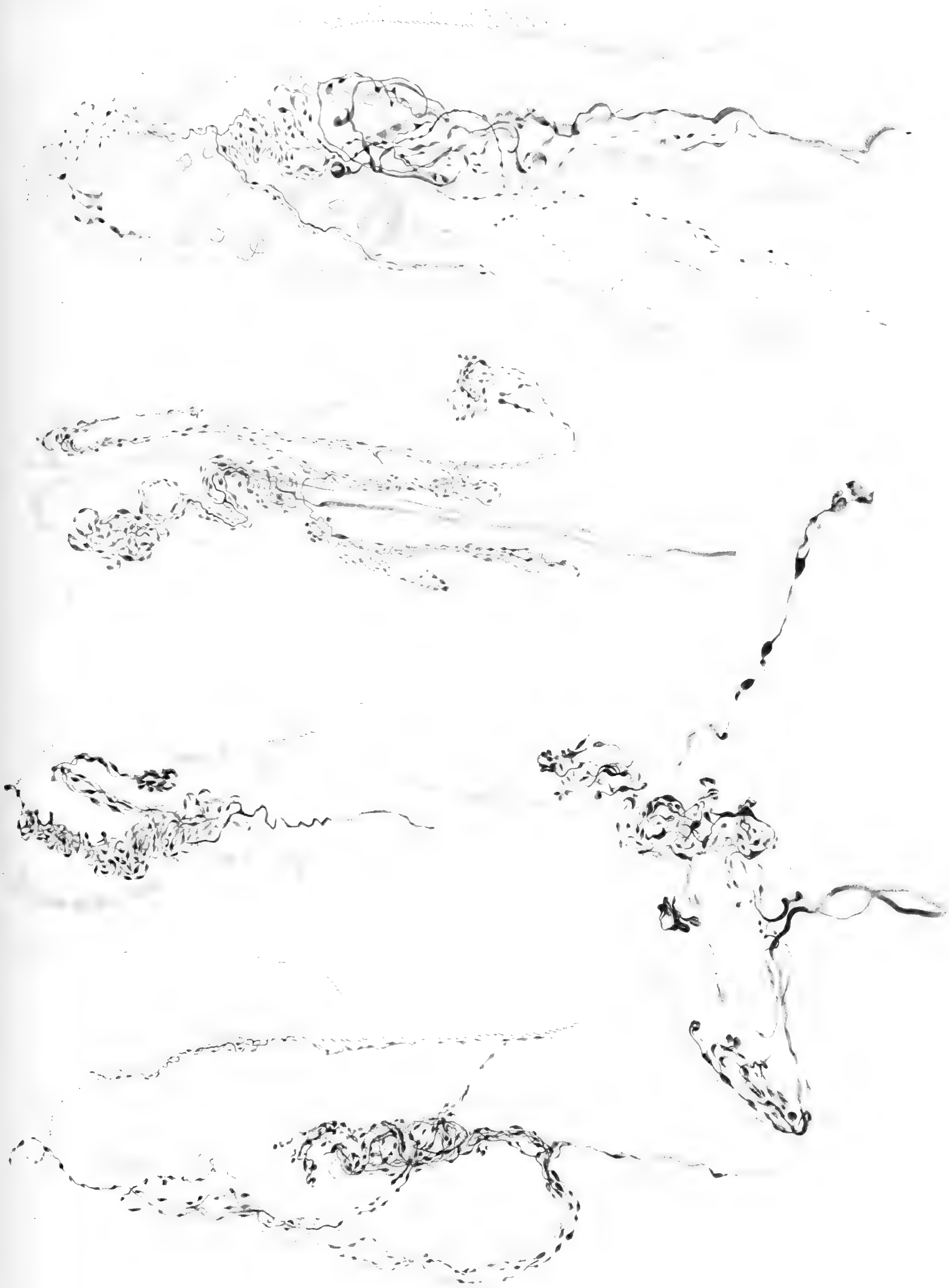


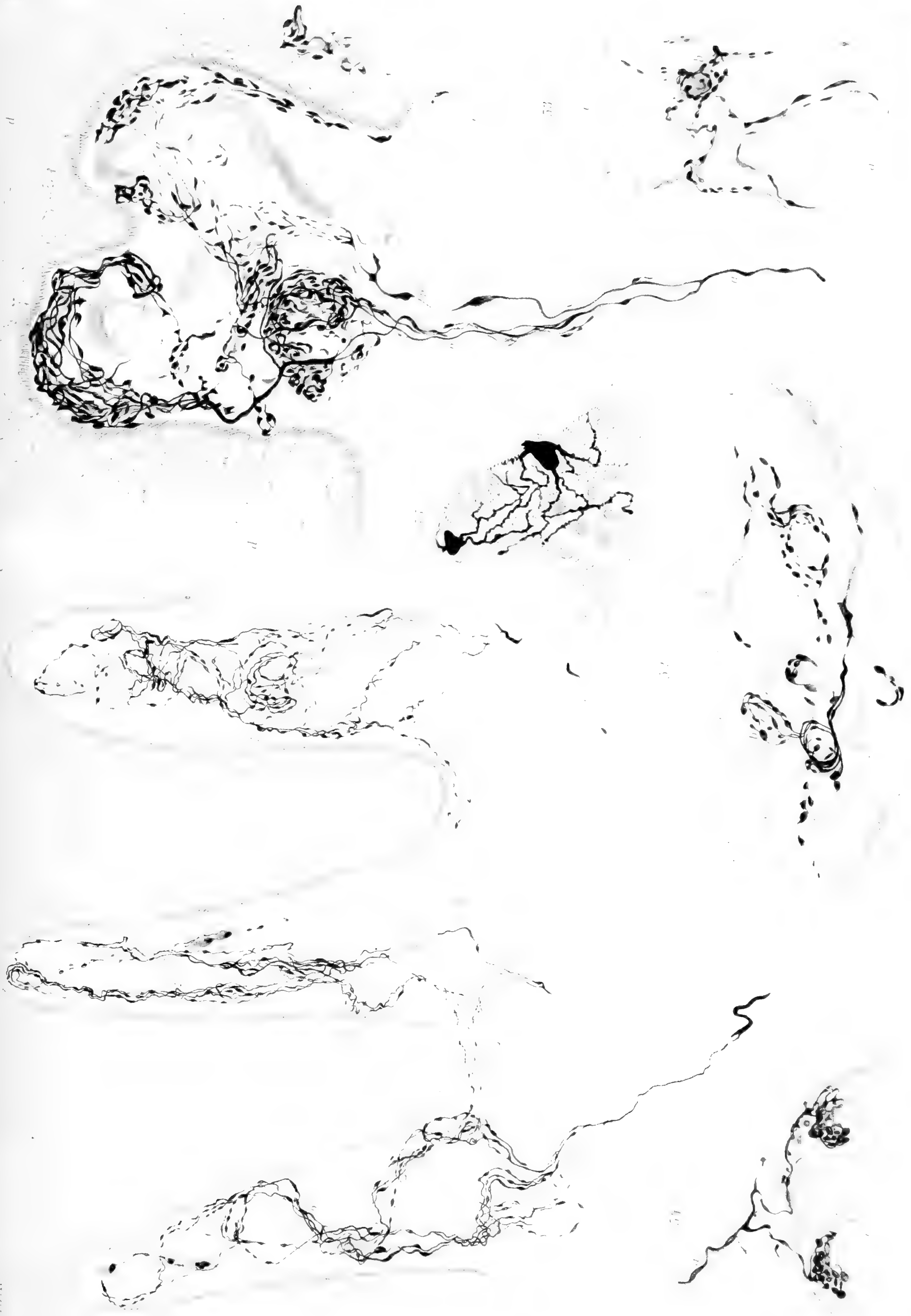














13,373

ЗАПИСКИ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.

MÉMOIRES

DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG.

VIII^e SÉRIE.

ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОТДѢЛЕНІЮ.

CLASSE PHYSICO-MATHÉMATIQUE.

Томъ XIV. № 9.

Volume XIV. № 9.

TRAVAUX DU LABORATOIRE ZOOLOGIQUE ET DE LA STATION BIOLOGIQUE DE SEBASTOPOL DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE
DES SCIENCES DE ST. PÉTERSBOURG.

№ 4.

НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОѢЗДКИ НА ЯВУ И ДРУГІЕ О-ВА МАЛАЙСКАГО АРХИПЕЛАГА.
LES RÉSULTATS DU VOYAGE SCIENTIFIQUE AU JAVA ET LES AUTRES ÎLES DE L'ARCHIPEL MALAIS.

II.

HYDROCTENA SALENSKII

(ETUDE MORPHOLOGIQUE SUR UN NOUVEAU COELENTERE PÉLAGIQUE).

PAR

C. Dawydoff.

(DU LABORAT. ZOOLOG. ACADÉM. IMP. DES SCIENCES DE ST. PÉTERSBOURG).

(Lu le 7 mai 1903).

Avec une planche.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ. 1903. ST.-PÉTERSBOURG.

Продается у комиссіонеровъ Императорской
Академіи Наукъ:

Н. Н. Глазунова, М. Эггерса и Комп. и К. Л. Риккера
въ С.-Петербургѣ,
Н. П. Карбасникова въ С.-Петерб., Москвѣ, Варшавѣ и
Вильнѣ,
Н. Я. Оглоблина въ С.-Петербургѣ и Кіевѣ,
М. В. Ключкина въ Москвѣ,
Е. П. Распопова въ Одессѣ,
Н. Киммеля въ Ригѣ,
Фоссъ (Г. Гзессель) въ Лейпцигѣ,
Люзакъ и Комп. въ Лондонѣ.

Commissionnaires de l'Académie IMPÉRIALE des
Sciences:

J. Glasounof, M. Eggers & Cie. et C. Ricker à St.-Péters-
bourg,
N. Karbasnikof à St.-Pétersbourg, Moscou, Varsovie et
Vilna,
N. Oglobline à St.-Pétersbourg et Kief,
M. Klukine à Moscou,
E. Raspopoff à Odessa,
N. Kymmel à Riga,
Voss' Sortiment (G. Haessel) à Leipsic,
Luzac & Cie. à Londres.

Цена: 1 р. 40 коп. — Prix: 3 Mark 50 Pf.

ЗАПИСКИ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.

MÉMOIRES

DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG.

VIII^e SÉRIE.

ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОТДѢЛЕНІЮ.

CLASSE PHYSICO-MATHÉMATIQUE.

Томъ XIV. № 9.

Volume XIV. № 9.

TRAVAUX DU LABORATOIRE ZOOLOGIQUE ET DE LA STATION BIOLOGIQUE DE SEBASTOPOL DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE
DES SCIENCES DE ST. PÉTERSBOURG.

№ 4.

НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОѢЗДКИ НА ЯВУ И ДРУГІЕ О-ВА МАЛАЙСКАГО АРХИПЕЛАГА.
LES RÉSULTATS DU VOYAGE SCIENTIFIQUE AU JAVA ET LES AUTRES ÎLES DE L'ARCHIPEL MALAIS.

II.

HYDROCTENA SALENSKII

(ETUDE MORPHOLOGIQUE SUR UN NOUVEAU COELENTERÉ PÉLAGIQUE).

PAR

C. Dawydoff.

(DU LABORAT. ZOOLOG. ACADÉM. IMP. DES SCIENCES DE ST. PÉTERSBOURG).

(Lu le 7 mai 1903).

Avec une planche.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ. 1903. ST.-PÉTERSBOURG.

Продается у комиссіонеровъ Императорской
Академіи Наукъ:

И. И. Глазунова, М. Эггера и Комп. и К. Л. Риккера
въ С.-Петербургѣ,
П. П. Карбасникова въ С.-Петерб., Москвѣ, Варшавѣ и
Вильнѣ,
Н. Я. Оглоблина въ С.-Петербургѣ и Кіевѣ,
М. В. Ключкина въ Москвѣ,
Е. П. Распопова въ Одессѣ,
Н. Киммеля въ Ригѣ,
Фоссъ (Г. Гэссель) въ Лейпцигѣ,
Люзакъ и Комп. въ Лондонѣ.

Commissionnaires de l'Académie IMPÉRIALE des
Sciences:

J. Glasounof, M. Eggers & Cie. et C. Ricker à St.-Péters-
bourg,
N. Karbasnikof à St.-Pétersbourg, Moscou, Varsovie et
Vilna,
N. Oglobline à St.-Pétersbourg et Kief,
M. Klukine à Moscou,
E. Raspopoff à Odessa,
N. Kymmel à Riga,
Voss' Sortiment (G. Haessel) à Leipsic,
Luzac & Cie. à Londres.

Цѣна: 1 р. 40 коп. — Prix: 3 Mark 50 Pf.

Напечатано по распоряженію Императорской Академіи Наукъ.
С.-Петербургъ, Декабрь 1903 г. Непремѣнный Секретарь, Академикъ Н. Дубровинъ.

ТИПОГРАФІЯ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ НАУКЪ.

Вас. Остр., 9 лп., № 12.

PRÉFACE.

Au mois de Juillet 1902 en travaillant aux îles de Molûques au cours de mon voyage scientifique aux Indes Néerlandaises, j'ai trouvé en pleine mer, aux environs de la petite île de Saparoea (tout près d'Amboine), un petit Coelentéré pélagique, qui attira bien mon attention par son organisation extrêmement curieuse. En examinant en bateau le plankton que je me procurais à l'aide du filet de Müller, j'ai pris d'abord cet organisme pour une Méduse Craspédote quelconque, spécialement pour quelque Narcoméduse. Mais après avoir examiné ma trouvaille avec la loupe et puis sous le microscope, je me suis persuadé que l'organisme trouvé, en ressemblant à une Méduse par son aspect général, diffère de ces animaux par quelques traits de son organisation. C'était précisément deux tentacules, qui sautaient aux yeux en premier lieu. Extrêmement contractiles, ils sont disposés symétriquement au voisinage du pôle aboral du disque et peuvent se rétracter dans des poches spéciales qui ressemblent aux gaines tentaculaires des Cténophores. Au pôle aboral de cette forme se trouve un vrai organe sensitif qui ressemble à celui des Cténophores.

Je n'ai trouvé que trois exemplaires de cet animal intéressant. Grâce à leur transparence parfaite il était possible de les étudier en détail vivants, sans les maltraiter. Le matériel était fixé à l'aide du liquide de Hertwig (c'est à dire-acide acéto-osmique) et conservé en alcool. A la suite de cette découverte j'ai entrepris des recherches avec beaucoup d'ardeur, mais toujours sans succès. Ni aux îles de Tenimber (Timorlaut), ni à la partie occidentale de la Nouvelle Guinée, ni aux îles de Key, ni à l'Archipel d'Aroe, je n'ai pu retrouver un seul exemplaire de ce Coelentéré. Au cours de mes recherches aux îles d'Aroe, j'ai trouvé un exemplaire d'une Méduse, qui me parut être la même, que celle, qui était trouvée aux Molûques. C'est vrai que je n'avais pas la possibilité d'étudier cet animal vivant sous le microscope à cause des difficultés que rencontre parfois le naturaliste en travaillant seul aux pays si sauvages, et c'est d'après son aspect général, que je l'ai pris à tort pour le Coelentéré qui sert d'objet à ce mémoire. Après en avoir étudié les coupes à St. Pétersbourg, je

me suis persuadé que c'est une autre forme des Coelentérés, peut-être pas moins intéressante que la première.

Or, après mon retour à St. Pétersbourg, je n'avais à ma disposition que trois exemplaires du Coelentéré, trouvé aux Molûques. Je lui donne le nom de *Hydroctena Salenskii* à l'honneur de mon compatriote éminent. C'est à Mr. Salensky, que je dois ce voyage. Je le prie d'accepter mes remerciements les plus cordiaux. La nomination *Hydroctena*, à mon avis, donne l'idée de la nature intermédiaire de cet organisme. Il ressemble autant à une Hydroméduse, qu'à une Cténophore.

Je ne puis dire grande chose sur la biologie de cet organisme. C'est un animal pélagique. Il nage avec une rapidité extraordinaire, ce que j'ai pu constater sur un exemplaire qui a vécu 20 heures dans un vase. Mais ce n'est pas au moyen des contractions de l'ombrelle qu'il nage — l'agent de ces mouvements ne sont que les tentacules extrêmement contractiles et le velum.

L'Aspect extérieur.

Par la fig. 2 on peut se faire une idée sur l'organisation de notre animal. D'après sa forme générale il ressemble à une Narcoméduse, en se présentant sous forme d'une cloche gélatineuse, presque hémisphérique. La cime de la cloche fait saillie en forme d'une voûte. La cloche, parfaitement transparente et délicate, est incolore, sauf le petit point au pôle aboral qui est pigmenté en orange vif, et les tentacules, qui sont rouges.

La fig. 1 représente l'*Hydroctena* en grandeur presque naturelle. La hauteur de la cloche est de 4 mm. environ (chez le plus grand animal). La largeur est un peu plus petite. La cloche est légèrement élargie dans son tiers inférieur. Elle possède le *velum* bien développé, qui limite l'entrée assez large d'une *cavité sousombrellaire*. Au fond de cette cavité on aperçoit le petit *manubrium*. La bouche conduit directement dans l'*estomac*. Les canaux radiaires et circulaires font défaut. De l'estomac ne partent que trois canaux — un canal impair vertical et deux canaux situés au plan transversal, qui se dirigent vers les gaines tentaculaires.

Les *tentacules* assez longs, vermiformes, au nombre de deux, sont dépourvus de tentilles. Ils sont disposés symétriquement non pas au bord de l'ombrelle, mais au voisinage du pôle aboral, sur l'exombrelle. Chacun de ces tentacules est muni d'un sac, ou *gaine tentaculaire*, dans laquelle il peut se rétracter jusqu'à la moitié de sa longueur. Le bord de l'ombrelle est dépourvu de tentacules, de même que des organes sensitifs.

Au pôle aboral de l'ombrelle nous trouvons un vrai organe des sens en forme de statocyste (fig. 2 — *org. ab.*). Autour de cet organe on aperçoit un cercle épithélial qui porte de longs cils. Ce cercle cilié est bien visible chez l'animal vivant, parce qu'il est intensivement pigmenté en orange (voir fig. 4).

L'ombrelle.

Au point de vue histologique l'ombrelle de l'*Hydroctena* ne diffère pas de celle des Hydroméduses. Du côté externe elle est tapissée par la couche épithéliale, dite exombrellaire. La cavité ombrellaire est tapissée par l'épithélium sousombrellaire. Au bord de la cloche ces deux couches épithéliales se réunissent en formant le *velum*. Il est donc formé de deux lames ectodermiques, séparées par une mince couche de substance gélatineuse et a la forme d'un large anneau aplati. L'épithélium ectodermique qui tapisse l'exombrelle (fig. 7) a le caractère d'épithélium plus ou moins plat. Il consiste de cellules assez petites. Dans leur plasme on peut observer parfois des vacuoles. Parmi ses cellules on trouve aussi les cellules glandulaires (*gl. c.*). Les *nématoblastes* ne se rencontrent que sur la surface des tentacules qui est tapissée par l'épithélium exombrellaire.

L'épithélium sousombrellaire ne diffère presque en rien de celui de l'exombrelle. Les cellules sont plus hautes, les éléments glandulaires moins nombreux.

Quant à la musculature, nous ne la trouvons bien développée que dans le *velum*. Nous y avons la couche mesoglénne, qui divise les deux couches ectodermiques, transformée en membrane musculaire. Sous la couche épithéliale exombrellaire, de même que sous l'épithélium sousombrellaire, se rencontrent parfois, parsemées par ci, par là, des fibrilles isolées, extrêmement ténues. C'est autour de l'entrée de chaque gaine tentaculaire que nous trouvons aussi une sorte de cercle musculaire. Mais généralement la musculature est très peu développée dans l'ombrelle, et c'est la cause de ce que la faculté des mouvements énergiques lui fait défaut. Nous avons déjà vu, que l'*Hydroctena* nage non pas par des contractions de sa cloche, mais plutôt en ramant au moyen de ses tentacules.

A l'exception de l'épithélium ombrellaire, du revêtement entodermique qui tapisse l'estomac et ses vaisseaux, et de la mince musculature, toute la masse de l'ombrelle est formée par la *mésoglée*. Au point de vue histologique elle ressemble à celle des Hydroméduses. C'est une substance gélatineuse homogène, extrêmement riche en fibrilles élastiques. Sur la fig. 7 on peut se rendre compte de la structure intime de la *mésoglée*. Nous y voyons que la masse gélatiniforme est surchargée de fibres qui doivent être considérées comme des éléments conjonctifs. Il est nécessaire de remarquer que les cellules, dites étoilées, font absolument défaut dans la *mésoglée* de notre *Hydroctena*.

L'appareil tentaculaire.

L'appareil tentaculaire de l'*Hydroctena* est très intéressant. Il présente deux parties — les *gaines tentaculaires* et les *tentacules*. Les tentacules sont disposés symétriquement aux deux points opposés du disque non à son bord, mais très bas sur l'exombrelle, tout près du pôle aboral. Cette disposition des tentacules au voisinage du pôle aboral (chez les Méduses

ils s'insèrent normalement au bord de l'ombrelle) ne présente néanmoins rien d'extraordinaire: ainsi pour toutes les Narcoméduses une telle disposition des tentacules est un des traits caractéristiques. Chez ces Méduses les points d'insertion des tentacules remontent du bord de l'ombrelle sur l'exombrelle vers le pôle aboral à une distance plus ou moins grande.

L'*Hydroctena* ne possède que deux tentacules. Ce n'est que chez un petit nombre d'Hydroméduses que nous trouvons le nombre de tentacules réduit à deux (chez quelques *Aegininae*, *Solmarinae*, *Pteronemidae* etc.). La plus intéressante pour nous sous ce rapport est une petite Narcoméduse *Aeginella* (aussi *Solmundella*), chez laquelle nous trouvons deux tentacules perradiaux, disposés symétriquement à deux points de l'exombrelle, au voisinage du pôle aboral. Par conséquent, ni le nombre, ni la disposition des tentacules de l'*Hydroctena* ne présentent rien d'inattendu. Mais l'appareil tentaculaire de l'*Hydroctena* se caractérise par une particularité remarquable: ses tentacules peuvent se rétracter, chacun dans une poche profonde, au fond de laquelle il s'insère. Les Méduses dont l'appareil tentaculaire serait construit de la même manière ne sont pas connues jusqu'ici. La *Ctenaria ctenophora*, une Anthoméduse décrite par E. Haeckel, qui d'après l'opinion de l'auteur occupe une place intermédiaire entre les Anthoméduses et les Cténophores Cydippides, — possède deux tentacules plumeux opposés, qui sont situés au bord du disque. A la base de chaque tentacule existe une poche. Haeckel (qui n'avait à sa disposition qu'un exemplaire, conservé en alcool, provenant de l'Océan Pacifique, Japon) suppose que ces tentacules peuvent se rétracter dans ces poches.

Les différences entre l'appareil tentaculaire de la *Ctenaria* d'un côté et celui de Cténophores et l'*Hydroctena* de l'autre, sont considérables. La rétractilité des tentacules de la *Ctenaria* n'est qu'une supposition qui n'est point fondée sur les faits. Les rapports des tentacules avec les cavités, situées à leur base chez la *Ctenaria* sont tout autres que chez les Cténophores. Enfin les tentacules sont oraux chez la *Ctenaria*, aboraux chez les Cténophores les plus typiques.

Or, l'appareil tentaculaire semblable à celui de l'*Hydroctena* n'est connu jusqu'à présent chez aucune Méduse — ni Craspédote, ni Acraspède. Il correspond parfaitement, d'après sa position et sa structure, à l'appareil tentaculaire des Cténophores et des genres *Coeloplana* et *Ctenoplana*. Les tentacules de l'*Hydroctena* sont aboraux, ils possèdent une rétractilité indubitable dans les poches spéciales, ou gaines tentaculaires. Enfin, l'entoderme ne figure pas au nombre de ses parties constitutives, absolument comme chez les Cténophores, chez lesquelles l'axe des tentacules provient du mésoderme*). Au point de vue histologique les tentacules de l'*Hydroctena* ne sont pas creux, mais solides. Leur cordon axial consiste d'une

*) D'après Lang on peut homologuer l'axe solide mésodermique des tentacules des Cténophores et celui de quelques Méduses, chez lesquelles, d'après les recherches embryologiques de Metschnikoff, il est d'origine entodermique. Mais chez les Cténophores le mésoderme «n'est

lui-même», dit Lang (dans son Traité) «qu'un groupe de cellules, de bonne heure séparées de l'entoderme primitif de la jeune larve». (p. 107). Mais cette homologie ne me semble pas absolument juste.

substance de la même nature que la mésoglée qui s'y prolonge. Mais ce qui est caractéristique c'est que leur cordon axial est bien musclé. Nous y trouvons une agglomération puissante des fibres musculaires longitudinales lisses, engainées dans la substance mésogléenne gélatineuse du cordon. Cette dernière est tapissée par l'épithélium assez plat, qui n'est que le prolongement direct de la couche épithéliale exombrellaire qui tapisse la surface de la gaine tentaculaire, comme c'est bien visible sur la figure schématisée (fig. 8). Les tentacules sont cylindriques. Leur structure est représentée sur la fig. 11. Quant aux *gaines tentaculaires*, elles se présentent comme des invaginations d'épithélium exombrellaire dans l'intérieur de la mesoglée en forme des sacs profonds.

Les *colloblastes* par lesquels se caractérisent les tentacules de Cténophores («Greifzellen», «Lasso-cells») sont absentes dans l'épithélium qui tapisse les tentacules de l'*Hydroctena*. Elles sont remplacées chez cette forme par les *nématoblastes* si caractéristiques pour les Cnidaïres. Jusqu'ici les *nématoblastes* ne furent constatés que chez une espèce des Cténophores — *Euchlora rubra*, où elles remplacent les *colloblastes*. Néanmoins les *nématoblastes* ne présentent pas à mon opinion une différence importante entre les Cnidaïres et les Cténophores.

Système gastrovasculaire.

Il est bien connu qu'au point de vue ontogénétique on peut distinguer deux types principaux du système gastrovasculaire chez les Coelentérés. Dans le premier, tout ce système est d'origine exclusivement entodermique (Hydroméduses), dans le second le système gastrovasculaire est en partie entodermique (l'estomac avec ses canaux), en partie ectodermique (Stomodeum). Ce deuxième type est caractéristique pour les Scyphozoaires et les Cténophores.

Le système gastrovasculaire de l'*Hydroctena* est formé d'après le premier type, caractéristique pour les Hydroméduses. Mais ce type se présente ici dans une forme bien simplifiée. Nous le voyons représenté sur la fig. 2 qui présente l'animal vu de côté. (Voir aussi la fig. 8).

On peut distinguer nettement un court *manubrium* privé d'appendices qui se rencontrent souvent chez quelques Hydroméduses. Sa surface extérieure ne paraît pas lisse, mais on la voit longitudinalement plissée. Le *manubrium* (tapissé par l'épithélium entodermique) conduit dans une cavité, dite gastrale, qui n'est pas large. Cette cavité, ou l'*estomac*, se présente en forme d'un sac aplati dans le plan perpendiculaire à l'axe vertical du disque. Les *canaux radiaires* sont complètement absents chez l'*Hydroctena*, ainsi que le *canal circulaire*. Le caractère général du système gastrovasculaire, vu son extrême simplicité, rappelle celui de quelques Narcoméduses.

Ainsi chez le genre *Solmaris* le système gastrovasculaire n'est représenté que par l'estomac — les canaux radiaires et circulaire faisant complètement défaut. D'après Haeckel cette simplicité n'est que le résultat d'une réduction secondaire. Hertwig a trouvé chez les genres *Solmissus* et *Solmundella* des complexes cellulaires solides qu'on peut examiner comme

des canaux entodermiques absents, grâce à leur position qui correspond à celle du canal circulaire (Délage p. 206). Je n'ai trouvé rien de semblable chez l'*Hydroctena*. Il n'y a pas non plus de diverticules radiaires aplatis («poches stomacales») qui se rencontrent chez quelques Narcoméduses à la place de canaux radiaires typiques.

Au lieu de canaux radiaires nous trouvons chez notre *Hydroctena* deux canaux spéciaux qu'on n'a pas rencontrés jusqu'à présent chez les Cnidaires. On peut les nommer les «canaux tentaculaires». Ce sont les canaux, au nombre de deux, qui se dirigent de l'estomac vers les racines des gaines tentaculaires, où ils se terminent par des petits culs-de-sacs, situés tout près de leur surfaces. On peut facilement comparer ces canaux aux *canaux tentaculaires* («Tentakelgefässe», d'après la terminologie de Chun) des Cténophores, chez lesquelles existent deux canaux perradiaux, placés dans le plan tentaculaire et allant directement à la paroi des poches, ou gaines tentaculaires, où ils se terminent par deux coecums, dits *diverticules tentaculaires* («Tentakelgefässschenkeln»).

Sauf ces deux canaux tentaculaires nous trouvons chez l'*Hydroctena* un *vaisseau central* impair, placé suivant l'axe polaire de l'animal et se dirigeant vers le pôle aboral. Ce vaisseau part du fond de l'estomac et se termine par un coecum élargi en forme de dilatation ampouliforme qui entoure de tous côtés le statocyste de l'organe sensitif aboral. Si nous nous rappelons l'organisation des Hydroméduses, nous y trouverons aussi un canal impair plus ou moins développé chez beaucoup de formes. C'est un *coecum apical* d'après la terminologie de Délage, «*Stielkanal*» des auteurs allemands. Par sa position le canal impair de l'*Hydroctena* pourrait être comparé au coecum apical des Hydroméduses.

Chez les Cténophores nous trouvons que l'*entonnoir* ou l'*infundibulum* se continue aussi en un canal impair, dit *canal de l'entonnoir* (d'après Délage) — «*Trichtergefäss*» (des allemands), qui se dirige vers le pôle aboral et se bifurque au dessous de l'organe sensitif en deux branches. Chacune de ces branches se divise à son tour en deux autres qui se terminent chacune par une ampoule. Deux de ces ampoules s'ouvrent à l'extérieur (parfois toutes les quatre branches débouchent à l'extérieur) et forment les dits «*pores excréteurs*». Quant au statocyste, il se trouve placé entre ces ampoules terminales du vaisseau aboral. Nous trouvons les mêmes relations chez l'*Hydroctena*. L'organe sensitif de cet animal est situé à l'intérieur de la dilatation ampouliforme, par laquelle se termine le canal aboral impair. En comparant l'organisation de l'*Hydroctena* avec celle des Cténophores nous pouvons donc tracer un parallèle entre la réunion des quatre ampoules du canal de l'entonnoir des Cténophores, et l'ampoule unique de l'*Hydroctena* qui embrasse le statocyste de la même manière, que les ampoules du canal aboral des Cténophores entourent leur organe sensitif.

Mais nous trouvons ici une grave différence: les ampoules des Cténophores peuvent s'ouvrir au dehors et forment les dits pores excréteurs. Chez l'*Hydroctena* nous n'avons rien de semblable. La dilatation ampouliforme dont se termine le canal central impair est absolument close.

Ce sont les genres *Ctenoplana* et *Coeloplana* dont le système gastrovasculaire présente

dans quelques détails une ressemblance frappante avec celui de l'*Hydroctena*. Ainsi chez la *Ctenoplana* l'estomac se prolonge en bas en un court canal impair qui se dirige vers l'organe des sens et se termine par une dilatation en forme d'ampoule, entourant de tous côtés l'organe aboral. «Bei den Ctenoplana», dit A. Korotneff, «führt ein Kanal, der gerade central unter dem Otolithenbläschen liegt, in eine Höhle, die sich erweitert und einen bedeutenden Raum bildet». L'auteur a comparé ce «Raum» avec «l'entonnoir» des Cténophores. «Dieser Raum», continue-t-il, «entspricht nach meiner Meinung einem Trichter der Ctenophoren, der hier bedeutend reducirt und nicht mehr als eine selbständige Bildung anzusehen ist, sondern einen integrierenden Theil der Magenhöhle bildet». (p. 245). Cette description se rapporte au *Ctenoplana Kowalevskii*. Les autres espèces, trouvées par Willey (*Ct. rosacea* et *Ct. Korotneffi*) se caractérisent par les mêmes relations. «The median-funnel vessel», d'après la description de cet auteur: «was correctly figured by Korotneff. It arises from the stomach immediately opposite to the mouth, and, proceeding aborally, embraces the sense organ without opening to the exterior» — (p. 328).

Je crois que l'homologie que Korotneff trouve entre la dilatation ampouliforme par laquelle se termine le canal axial de la *Ctenoplana* d'un côté, et l'entonnoir des Cténophores de l'autre, n'est pas juste. A mon avis, qui est aussi celui de Délage (p. 757), on pourrait comparer ce canal avec le «Trichtergefäss» des Cténophores et la dilatation ampouliforme correspondrait plutôt à l'ensemble des ampoules excrétrices de ces animaux.

Mais c'est chez la *Ctenoplana* et l'*Hydroctena* que nous trouvons l'analogie entre ces formations absolument complète. Après avoir comparé mes préparations et mon dessin avec celui de Korotneff, j'étais frappé par la ressemblance vraiment parfaite.

Les canaux axiaux impairs de l'*Hydroctena* et de la *Ctenoplana* sont absolument homologues. Mais ce n'est pas tout. Les dilatations ampouliformes, par lesquelles se terminent ces canaux chez ces formes, ne diffèrent en rien l'une de l'autre, sauf le caractère histologique de l'épithélium qui tapisse ces formations. Chez l'*Hydroctena* il n'est pas cilié, comme chez la *Ctenoplana*, mais nous verrons plus tard que l'épithélium cilié fait défaut dans toutes les formations entodermiques de l'*Hydroctena*.

Chez la *Coeloplana* ces relations semblent être un peu différentes. Kowalevsky chez *C. Metschnikowii* décrit deux vaisseaux (au lieu d'un, comme chez les *Ctenoplana*), qui se dirigent de l'estomac vers le pôle aboral. Abbott ne décrit pas cette formation chez ses *Coeloplanes* Japonaises (*C. Mitsukurii* et *C. Willei*) dans sa note préliminaire *).

Quant à la structure histologique des formations entodermiques, on peut dire que l'épithélium qui tapisse l'estomac et la bouche, diffère de celui des formations ectodermiques (exombrelle et sousombrelle) par le caractère de ses éléments. Sur la fig. 6 on peut distinguer nettement la différence entre l'ectoderme et l'entoderme. Les cellules ectodermiques sont

*) «I have not been able to make out with certainty any vertical kanal running up to embrace the sensory organ as described by Korotneff, but what observations have been possible seem to point to its existence in this form also». (p. 107).

plus ou moins plates, tandis que celles de l'épithélium entodermique, qui tapisse l'estomac et la bouche, sont très hautes, cylindriques. Elles renferment dans leur plasma beaucoup de vacuoles et parfois leur plasma est rempli par des petites gouttelettes qui semblent noires après l'action de l'acide osmique (le matériel était fixé par le liquide de R. Hertwig c'est à dire — l'acide acéto-osmique). Cela prouve donc que ces gouttelettes ne sont que des agglomérations adipeuses. Le trait assez caractéristique de l'épithélium entodermique, au point de vue histologique, c'est que les cils lui manquent. L'épithélium cilié est absolument absent dans les tissus et les organes de l'*Hydroctena* à l'exception de l'organe aboral. Les vaisseaux du système gastrovasculaire sont tapissés par un épithélium, dont les cellules sont beaucoup plus basses que celles de l'estomac, mais elles se distinguent toujours par leur forme cubique.

L'organe des sens et le système nerveux.

La particularité la plus remarquable dans l'organisation de l'*Hydroctena* c'est sans doute son organe des sens. Il est placé au pôle aboral et se présente sous forme d'un petit sac clos, impair, qui renferme deux otocystes. Sur les figg. 3 et 5 sont représentées les coupes horizontales de cet organe à différents grossissements, et on peut facilement faire connaissance avec les détails histologiques de cette formation. La fig. 4 est faite d'après l'exemplaire vivant et nous présente le même organe sensitif in toto, à l'état normal. Nous pouvons voir nettement (fig. 3) sur le pôle aboral de l'ombrelle l'épithélium exombrellaire s'invaginant dans la mésoglée sous forme d'un enfoncement très long. Cet enfoncement présente un canal qui se termine en cul-de-sac en forme d'ampoule élargie.

L'épithélium qui tapisse cet enfoncement canaliforme diffère de l'épithélium exombrellaire par le caractère histologique de ses éléments. Ses cellules sont très finement ciliées. Chez les animaux vivants on peut facilement observer sous le microscope que ce canal est vibratile.

Les cils, qui recouvrent la surface de ce dernier, sont extrêmement petits, l'épithélium, qui tapisse le fond de l'ampoule sensitive élargie, porte des cils beaucoup plus longs. Il est considérablement épaissi (fig. 5 *br. s.*) et ressemble beaucoup à la formation analogue du statocyste des Cténophores.

Ses cellules sont des éléments filiformes. Dans cette sorte de bourrelet sensitif je n'ai pas trouvé de formations pigmentaires qui se rencontrent parfois dans l'organe aboral des Cténophores.

A l'intérieur de cette ampoule, par laquelle se termine l'enfoncement canaliforme cilié, se trouvent deux *otocystes* (figg. 3, 4, 5 — *otc*), suspendus à deux lames élastiques, qui correspondent évidemment aux dits «ressorts» des Cténophores. Ils résultent de l'accolement de nombreux cils, fort longs, partant des bords du bourrelet épithélial sensitif.

La configuration de ces ressorts n'est pas la même dans les formations semblables de l'organe aboral des Cténophores: chez ces dernières les dits ressorts (au nombre de quatre) se courbent en forme d'un S, tandis que les lames élastiques du statocyste de l'*Hydroctena* se dressent plus verticalement (voir la fig. 5 — *rss*).

Les extrémités libres de ces lames convergent, sans se joindre vers le centre de l'ampoule sensitive et portent chacune l'otocyste c'est à dire une masse sphérique d'otolithes (ot. c). La surface de chaque otocyste est formée de saillies rangées côte à côte, comme celle de l'otocyste des Cténophores. L'otocyste est donc formé des grains réunis par une substance gélatineuse. La structure de chaque grain élémentaire est la même que celle des grains d'otocyste des Cténophores.

Nous voyons donc, que la ressemblance, au moins en principe, des organes sensitifs des Cténophores et de l'*Hydroctena* est fort remarquable. Mais les différences sont aussi considérables. L'organe aboral de l'*Hydroctena* semble être privé de quelques formations, qui sont caractéristiques pour celui des Cténophores. La *cloche* membraneuse, qui forme une sorte de voûte au dessus de la cupule de l'organe sensitif des Cténophores est absente chez l'*Hydroctena*, ainsi que les *bandes ciliaires* et les *champs* ou *plaques polaires*.

Y a-t-il dans l'organe aboral de l'*Hydroctena* quelques formations qui pourraient être comparées au point de vue morphologique aux ces formations de l'organe sensitif des Cténophores?

En examinant la fig. 4 nous voyons qu'autour de l'entrée du canal cilié de l'organe des sens de l'*Hydroctena* l'épithélium exombrellaire se présente considérablement épaissi. Cet épaississement forme une sorte du cercle qui entoure l'entrée de la cavité du statocyste. Il est fortement pigmenté en orange vif et — ce qui est bien caractéristique — il est parfaitement cilié. (Fig. 3 *pq. p.*). Sur la fig. 3 est représentée la coupe horizontale de l'organe des sens. Nous y voyons très nettement ce cercle épithélial cilié. Ses cellules portent des poils extrêmement longs. La réunion de ces poils forme une sorte de la cloche au dessus de l'enfoncement canaliforme de l'organe sensitif.

Au point de vue ontogénétique la cloche de l'organe sensitif des Cténophores présente aussi une réunion de cils agglutinés, qui forment une voûte membraneuse. Au cours du développement — chez les larves — cette cloche ne se présente pas sous forme d'une formation membraneuse, mais sous celle de cils, qui bordent la depression ectodermique sensitif. (Kowalevsky etc.) Or, on pourrait considérer le cercle épithélial cilié de l'*Hydroctena* comme la cloche primitive des Cténophores.

Mais il me semble qu'une autre homologie pourrait avoir lieu. Peut-être le coussinet circulaire cilié qui entoure l'entrée du statocyste chez l'*Hydroctena* serait plutôt comparable aux plaques ou champs polaires des Cténophores et surtout de quelques Platycténides (*Ctenoplana*).

Nous nous rappelons que chez le genre remarquable *Ctenoplana* il existe autour du statocyste (disposé au pôle aboral) un groupe de tentacules sensitifs («Sinnestentakeln»

d'après Korotneff, «sensory tentacles» d'après Willey). Chez la *Ctenoplana Kowalevskii* (Korotneff) un vrai cercle entoure l'entrée du statocyste. Chez les *Ctenoplana* de la Nouvelle Guinée décrits par A. Willey, ce cercle complet des «Sinnestentakeln» est transformé en deux groupes semicirculaires complètement séparés l'un de l'autre (The circlet of sensory tentacles surrounding the otolith consists of two distinct and separate halves—Willey p. 327). Chez *Coeloplana* Abbott décrit aussi «two semicircular bands of yellow cells, probably glandular, surround the otolith at the base».

Rappelons nous que chez le *Beroe* — un vrai Cténophore — les champs polaires ont leurs bords garnis de digitations ramifiées saillantes. Mais c'est surtout ces formations chez les larves de *Beroe* (Chun) qui nous donnent idée de la ressemblance remarquable entre les tentacules sensitifs de la *Ctenoplana* et les plaques polaires des Cténophores. Nous trouvons donc dans les plaques polaires de *Beroe* un lien entre les «Sinnestentakeln» de la *Ctenoplana* et les plaques polaires typiques des Cténophores. «The polar plates of Ctenophores are ciliated, as are the sensory tentacles of *Ctenoplana*» dit Willey (p. 332). «Moreover in the Beroidae», continue-t-il: «according to Chun the thickened margin of the polar plates does not form a simple ridge, but is raised up into a series of lappets I think there can be no doubt that the latter (les tentacules sensitifs) are homologous with the polar plates of Ctenophores».

Si nous comparons toutes ces formations chez la *Ctenoplana Kowalevskii*, *Ct. rosacea*, *Beroe* et *Cydidippe* avec le coussinet circulaire cilié de l'*Hydroctena*, nous verrons que la ressemblance est frappante.

Or dans le cercle complet des cils entourant le statocyste de l'*Hydroctena* nous avons la forme la plus primitive des plaques polaires des Cténophores. Ce cercle d'épithélium cilié épaissi est transformé chez *Ctenoplana Kowalevskii* en un cercle de tentacules ciliés qui ne sont que des evaginations du même épithélium. Supposons que ce cercle complet de tentacules ciliés s'est divisé en deux moitiés semicirculaires — et nous aurons les plaques polaires de la *Ctenoplana rosacea* décrites par Willey, qui présentent déjà une ressemblance remarquable avec les champs polaires des Cténophores.

Nous voyons donc que chez l'*Hydroctena* cette formation se présente sous la forme la plus primitive. Elle nous indique, qu'autrefois chez l'ancêtre des Cténophores les plaques polaires se présentaient peut-être sous forme de formation impaire, qui se caractérisait par une symétrie radiaire.

Sauf le cercle épithélial sensitif, les organes aboraux de l'*Hydroctena* et de la *Ctenoplana* se ressemblent par beaucoup de traits communs. La cloche est absente chez la *Ctenoplana*, autant que chez l'*Hydroctena*. Au lieu de quatre ressorts, par lesquels sont soutenues les otocystes des Cténophores, nous n'avons chez la *Ctenoplana* et l'*Hydroctena* que deux lames ou ressorts. Il faut enfin attirer l'attention sur les relations, vraiment remarquables, qui existent entre le statocyste et le canal axial impair des deux animaux. Chez l'un, autant que chez l'autre ce canal part du fond de l'estomac et se dirige vers l'organe aboral, où il se termine par une dilatation ampouliforme, en forme d'une petite soucoupe qui soutient de tous côtés

l'organe aboral. Cette formation est la forme la plus primordiale de l'ensemble des ampoules excrétrices des Cténophores. Chez la *Ctenoplana* autant que chez l'*Hydroctena* cet organe n'a aucune communication avec le milieu du dehors.

Nous pouvons voir maintenant que l'organe des sens de notre *Hydroctena* d'après l'ensemble de sa construction, sa position, singulièrement caractéristique pour les Cténophores dans la classe des Coelentérés, présente une formation extrêmement remarquable. Tout permet de lui attribuer une valeur morphologique importante.

La question du système nerveux de l'*Hydroctena* n'est pas suffisamment éclaircie pour moi. Deux points sont à examiner: le système nerveux aboral et les éléments nerveux sous-épidermiques. Ces derniers se rencontrent aux bases des tentacules et à la région du velum, où ils sont concentrés sous forme de cordon circulaire faiblement développé contenu dans le bord d'insertion du velum. Ce cordon est impair, pas double comme chez les Hydroméduses, où nous trouvons deux anneaux nerveux: l'externe, plus gros, qui dessert les organes des sens et l'interne plus petit, qui fournit aux muscles du velum. Les organes sensitifs font défaut au bord de l'ombrelle de l'*Hydroctena* et c'est probablement par cette raison, que l'anneau nerveux externe n'y existe pas.

Le cordon nerveux de l'*Hydroctena* se présente sous forme d'agglomérations de cellules bipolaires ganglionnaires. Sauf ce cordon circulaire, les amas de cellules nerveuses se trouvent aussi à la base de chaque tentacule. Elles sont placées dans la mésoglée parmi les fibres musculaires du tentacule. Ces cellules bi- et multipolaires envoient des fibres très fines à l'intérieur du chaque tentacule. Au dessous de l'épithélium exombrellaire autant que sousombrellaire les éléments nerveux font défaut. Je n'en ai trouvé aucune trace.

Le système nerveux aboral est très intéressant.

Si nous regardons la fig. 4, qui présente la coupe sagittale de l'organe des sens de l'*Hydroctena* nous verrons parmi les cellules épithéliales, qui forment le dit bourrelet sensitif (*br. s.*) du statocyste, des groupes de cellules (*n f*) dont l'aspect diffère de celui des cellules voisines. Elles sont disposées de chaque côté de la dilatation ampouliforme de l'organe aboral tout près de la base de chaque ressort. Je compte ces formations pour des agglomérations spéciales de cellules ganglionnaires aux quelles elles ressemblent par leur aspect histologique. A mon avis à ce plexus double de cellules nerveuses correspond la formation semblable décrite par Korotneff chez sa *Ctenoplana Kowalevskii*.

Nous voyons donc que le système nerveux de notre *Hydroctena* se rapproche par son type à celui des Hydroméduses d'un côté, et de *Ctenoplana* — de l'autre. Sa ressemblance avec le système nerveux de *Ctenoplana* me semble avoir une valeur importante au point de vue de relations génétiques des ces formes.

Conclusions générales.

Après avoir examiné tous les détails de l'organisation de notre *Hydroctena* il est nécessaire de résumer les résultats de notre analyse et de faire la tentative de décider quelle est la place qu'occupe dans la système cet animal si curieux.

Nous avons déjà vu que l'*Hydroctena* ressemble autant à une Hydroméduse qu'à un Cténophore. D'après son habitus c'est une vraie Méduse craspédote. La forme de l'ombrelle, le velum, le manubrium suspendu dans la cavité sousombrellaire, d'après tout cela l'*Hydroctena* rappelle une Hydroméduse. Le caractère histologique de la mésoglée, l'absence du stomodaeum ectodermique, la présence des nématoblastes typiques dans l'épithélium des tentacules augmentent cette ressemblance.

Mais l'organe aboral sensitif, la construction générale de l'appareil tentaculaire, quelques détails dans le système gastrovasculaire éloignent l'*Hydroctena* des Hydroméduses en la rapprochant des Cténophores.

En effet parmi les Coelentérés l'organe des sens placé au pôle aboral n'existe que chez ces derniers.

L'appareil tentaculaire de l'*Hydroctena* rappelle celui des Cténophores par les traits suivants :

1. Les tentacules opposés en nombre de deux possèdent des gâines spéciales.
2. Leur rétractilité dans ces gâines est un fait indubitable.
3. Les tentacules sont aboraux d'après leur disposition sur l'exombrelle.
4. L'entoderme ne prend aucune part à la construction des tentacules. Ces derniers ne sont pas creux, mais solides et leur cordon axial n'est que la mésoglée transformée en un complexe de muscles.
5. La base de chaque gaine tentaculaire est embrassée par un cul de sac dans lequel débouchent les vaisseaux gastrovasculaires spéciaux.

D'après son système gastrovasculaire l'*Hydroctena* se rapproche des Cténophores :

1. Par la présence du canal axial impair qui se dirige vers le pôle aboral et peut être comparé avec le vaisseau de l'entonnoir (Trichtergefäss) des Cténophores.
2. Par la possession des deux canaux spéciaux qui sont disposés dans le plan latéral — des canaux tentaculaires.

Mais l'absence du stomodeum, du pharynx ectodermique si caractéristique pour les Cténophores, la substitution des colloblastes (Greifzellen) par les nématoblastes, l'absence des palettes natatoires ne permettent pas de ranger notre *Hydroctena* parmi les Cténophores.

C'est le genre *Ctenoplana* qui par quelques traits caractéristiques de l'organisation rappelle complètement celle de l'*Hydroctena*. Chez la *Ctenoplana* autant que chez l'*Hydro-*

ctena le pharynx ectodermique fait défaut. La ressemblance des organes sensitifs de ces deux formes est frappante. Sa position au pôle aboral, la présence des deux ressorts sur lesquels est suspendu l'otocyste (chez l'*Hydroctena* au nombre de deux) au lieu de quatre (Cténophores). Le cercle complet des tentacules sensitifs au dessus de l'otocyste décrit par Korotneff chez *Ctenoplana Kowalevskii* peut être comparé avec le cercle épithélial épaissi cilié qui entoure l'entrée du statocyste chez l'*Hydroctena*. Enfin le canal gastrovasculaire axial de l'*Hydroctena*, dit canal de l'entonnoir, ressemble complètement à celui de la *Ctenoplana*. La ressemblance des dilatations ampouliformes par lesquelles se terminent ces canaux et leurs relations avec les organes des sens aboraux sont vraiment frappantes. L'appareil tentaculaire dans ces traits principaux est le même chez ces deux formes.

Après avoir résumé les résultats de nos recherches sur la structure des organes de l'*Hydroctena* il me semble nécessaire de trancher la question de la position systématique de cette forme.

Ce n'est pas une Hydroméduse vraie, mais ce n'est pas un Cténophore non plus. Il me semble qu'elle doit être considérée comme une forme intermédiaire entre ces deux groupes des Coelentérés.

Haeckel voit dans sa *Ctenaria ctenophora* un lien entre ces deux groupes. «*Ctenaria ctenophora*», dit-il, «welche ich als eine unmittelbare Uebergangsform von Gemmaria-ähnlichen Anthomedusen zu Cydippe-ähnlichen Ctenophoren auffassen muss». —

Je ne puis être d'accord avec l'opinion de l'éminent naturaliste allemand sur les homologues des organes de *Ctenaria* avec ceux des Cténophores. Je me range à l'opinion de Délage & Hérouard et à celle de Bourne que les caractères de ressemblance ne sont que superficiels.

D'après l'opinion de Délage et Hérouard il est probable que chez la *Ctenaria* nous avons la réunion accidentelle des caractères de ressemblance qui sont disséminés chez d'autres Méduses. Une des plus importantes différences, c'est l'absence chez la *Ctenaria* de l'organe sensitif aboral, ce que nous avons chez notre *Hydroctena*.

Or, je me demande si l'*Hydroctena* ne dériverait pas phylogénétiquement de quelques Hydroméduses. Peut-être nous y voyons quelque allusion à une tendance de ces dernières de se transformer en formes plus élevées — Cténophores.

C'est encore impossible de résoudre la question de quelles Hydroméduses peut dériver notre *Hydroctena*. D'après son aspect elle ressemble le plus aux Narcoméduses, mais je ne puis me prononcer sur cette question, jusqu'à ce que les organes génitaux (qui font malheureusement défaut chez tous les exemplaires d'*Hydroctena* qui étaient capturés) ne soient connus.

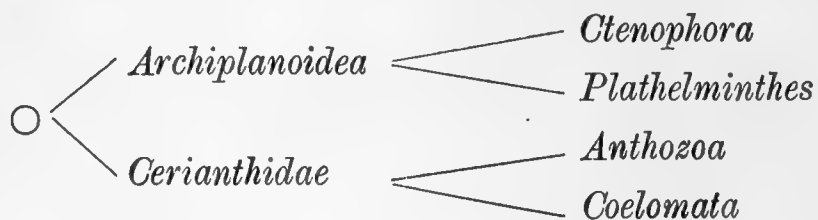
La phylogénie des Cténophores est jusqu'ici une question obscure. Leurs affinités avec les Turbellaires sont indubitables. Elles résident aux caractères embryogéniques fondamentaux. Enfin ce sont les genres *Ctenoplana* et *Coeloplana* qui nous indiquent la parenté entre ces deux groupes des animaux.

Quant à la question des affinités des Cténophores avec les Cnidaire, les opinions des naturalistes sont partagées. Les uns croient que les Cténophores sont liés avec les Hydroméduses (Haeckel), les autres défendent une autre opinion d'après laquelle les Cnidaire et les Cténaires ont un ancêtre Coelentéré commun, c'est à dire dans l'embranchement de Coelentérés le groupe de Cténophores est identique à celui de Cnidaire, mais «aucun Cnidaire n'est l'ancêtre du Cténaire (Délage).

Naturellement pour trancher quelque question sur les relations génétiques il est nécessaire en premier lieu d'étudier les processus embryologiques. Jusqu'à ce que l'embryologie de l'*Hydroctena* ne soit pas connue, trancher la question des relations phylogénétiques entre cette forme et les groupes des animaux auxquels elle ressemble est impossible. Mais à mon égard on peut croire que c'est l'*Hydroctena* qui nous indique que les Cténophores sont liées phylogénétiquement avec les Hydroméduses, parmi lesquelles il faut chercher leur ancêtre.

Les ressemblances de cette forme avec les Cténoplans sont remarquables. Il me semble, que les affinités de l'*Hydroctena* avec ces animaux sont indubitables.

Rappelons nous que d'après Willey les *Coeloplana* et *Ctenoplana* (qui sont réunis par cet auteur dans un groupe *Archiplanioidea*) présentent le prolongement direct d'un tronc commun. De ce groupe dérivent les Planaires et les Cténophores. Il nous donne le schéma suivant:



Il me semble, que nous pouvons formuler les affinités génétiques entre *Hydroctena*, *Hydroméduses*, *Ctenophores*, *Coeloplana*, *Ctenoplana* et *Turbellaires* par le schéma suivant:



On saisira aisément les points principaux de ce schéma hypothétique. Je crois pouvoir me dispenser d'insister spécialement sur les explications des relations phylogénétiques des groupes qui figurent dans ce schéma.

Ces explications furent déjà données par moi plus haut.

Les ouvrages cités.

- 1) 1867. A. Kowalewsky. Entwicklungsgeschichte der Rippenquallen. Mémoires Acad. Imp. Scienc. St. Pétersbourg. V. X.
 - 2) 1873. A. O. Ковалевскій. Наблюдения надъ развитіемъ *Coelenterata*. Извѣстія И. Общества Любит. Естеств. Антропол. и Географіи. Москва.
 - 3) 1879. E. Haeckel. Das System der Medusen. Jena.
 - 4) » E. Haeckel. Ursprung und Stammverwandtschaft der Ctenophoren. Sitzungsber. Jen. Gesell.
 - 5) 1880. C. Chun. Die Ctenophoren des Golfes von Neapel. Eine Monografie. Fauna u. Flora d. Golfes v. Neapel.
 - 6) » R. Hertwig. Ueber den Bau der Ctenophoren. Jenaische Zeitschr. v. XIV.
 - 7) » A. Kowalewsky. Ueber *Coeleplana Metschnikowii*. Zool. Anzeiger v. 3 p. 140.
 - 8) » A. O. Ковалевскій. О *Neomenia corallophila* и *Coeloplana Metschnikowii*. Изв. И. Общества Любит. Естеств. Антропологи и Геогр. Москва.
 - 9) 1885. E. Metschnikoff. Vergleichend-Embryologische Studien. 1. Ueber die Gastrulation und Mesodermbildung der Ctenophoren. Zeitschr. f. Wissensch. Zoologie. Bd. 42.
 - 10) 1886. E. Metschnikoff. Embryologische Studien an Medusen. Ein Beitrag zur Genealogie der Primitiv-Organe. Wien.
 - 11) » A. Korotneff. *Ctenoplana Kowalevskii*. Zeit. f. Wiss. Zoologie. Bd. 43.
 - 12) 1891. C. Chun. Bronn's Klassen u. Ordnungen des Thierreichs. *Coelenterata*. Zweiter Band. 2. Abth.
 - 13) 1892. Samassa. Zur Histologie der Ctenophoren. Arch. f. Microsc. Anat. v. 40.
 - 14) 1896. A. Willey. On Ctenoplana. Quat. Journ. Micr. Sciences. v. 39.
 - 15) 1902. J. F. Abbott. Preliminary Notes on Coeloplana. Annot. Zoolog. Japonens. Tokyō Zool. Society. Tokyō.
-
- 16) Lang. Lehrbuch der vergleich. Anatomie.
 - 17) Korschelt und Heider. Lehrbuch der vergleichenden Entwicklungsgeschichte der wirbellosen Thiere. Erstes Heft.
 - 18) Délage et Hérouard. Traité de Zoologie concrète. v. II. Coelenterés.
 - 19) Ray Lankester. Treatise on Zoology. Part. II. Coelentera. Ctenophore par Bourne.
-

Explication de la planche.

<i>br. s.</i> — bourrelet sensitif	<i>mscl.</i> — fibres musculaires
<i>cn. ax.</i> — canal axial	<i>mes.</i> — mésoglée
<i>cn. s.</i> — canal cilié du statocyste	<i>mnbr.</i> — manubrium
<i>cv. ombr.</i> — cavité sousombrellaire	<i>nf.</i> — les complexes des cellules nerveuses
<i>cn. tcl.</i> — canal tentaculaire	<i>otc.</i> — otocyste
<i>dt.</i> — dilatation du canal du statocyste	<i>pq. q.</i> — cercle épithélial cilié (plaque polaire)
<i>exmbr.</i> — exombrelle	<i>rss.</i> — lame élastique
<i>ect.</i> — ectoderme	<i>sousombr.</i> — sousombrelle
<i>ent.</i> — entoderme	<i>tcl.</i> — tentacules
<i>est.</i> — estomac	<i>vl.</i> — velum
<i>gn. tcl.</i> — gaine tentaculaire	<i>org. ab.</i> — organe aboral des sens.

Fig. 1. *Hydroctena Salenskii* un peu grossie. L'ombrelle est parfaitement transparente et absolument incolore. Au pôle aboral un petit point sombre indique la position de l'organe sensitif.

Fig. 2. *Hydroctena* très fortement grossie, vue de profil. Grâce à la transparence de l'ombrelle tous les organes internes sont visibles.

Fig. 3. Coupe longitudinale sagittale de l'organe aboral. *pq. p.* — épaissement épithélial circulaire qui porte de longs cils. *p.* — pigment (orange). *cn. ax.* — canal axial impair avec son ampoule, qui saisit l'organe aboral.

Fig. 4. L'organe des sens in toto, chez l'animal vivant.

Fig. 5. La dilatation ampouliforme de l'organe aboral. Coupe longitudinale sagittale (en plan tentaculaire), considérée à un fort grossissement. *Otc.* — otocystes, *rss.* — ressorts, ou lames élastiques. *br. s.* — bourrelet sensitif — épaissement épithélial. *nf.* — agglomérations des cellules ganglionnaires.

Fig. 6. Une partie de coupe transversale à travers le manubrium. On distingue nettement une différence entre l'épithélium ecto- et entodermique. *mscl.* — les fibres musculaires sousépithéliales. *ent.* — entoderme. Dans quelques cellules entodermiques on observe de petites gouttelettes rondes — les gouttelettes adipeuses, devenues noires d'après réaction de l'acide osmique (L'animal était fixé à l'aide du liquide de Hertwig). *ect.* — épithélium sousombrellaire.

Fig. 7. Une partie de coupe de l'ombrelle pour montrer le caractère histologique d'épithélium exombrellaire. *gl. c.* — cellules glandulaires. *mscl.* — fibres musculaires. *mes.* — mesoglée. Le caractère histologique de la mesoglée est représenté aussi dans la fig. 3.

Fig. 8. Coupe sagittale de *Hydroctena* (schématisée).

Fig. 9. Coupe transversale de *Hydroctena* au niveau du manubrium (schématisée).

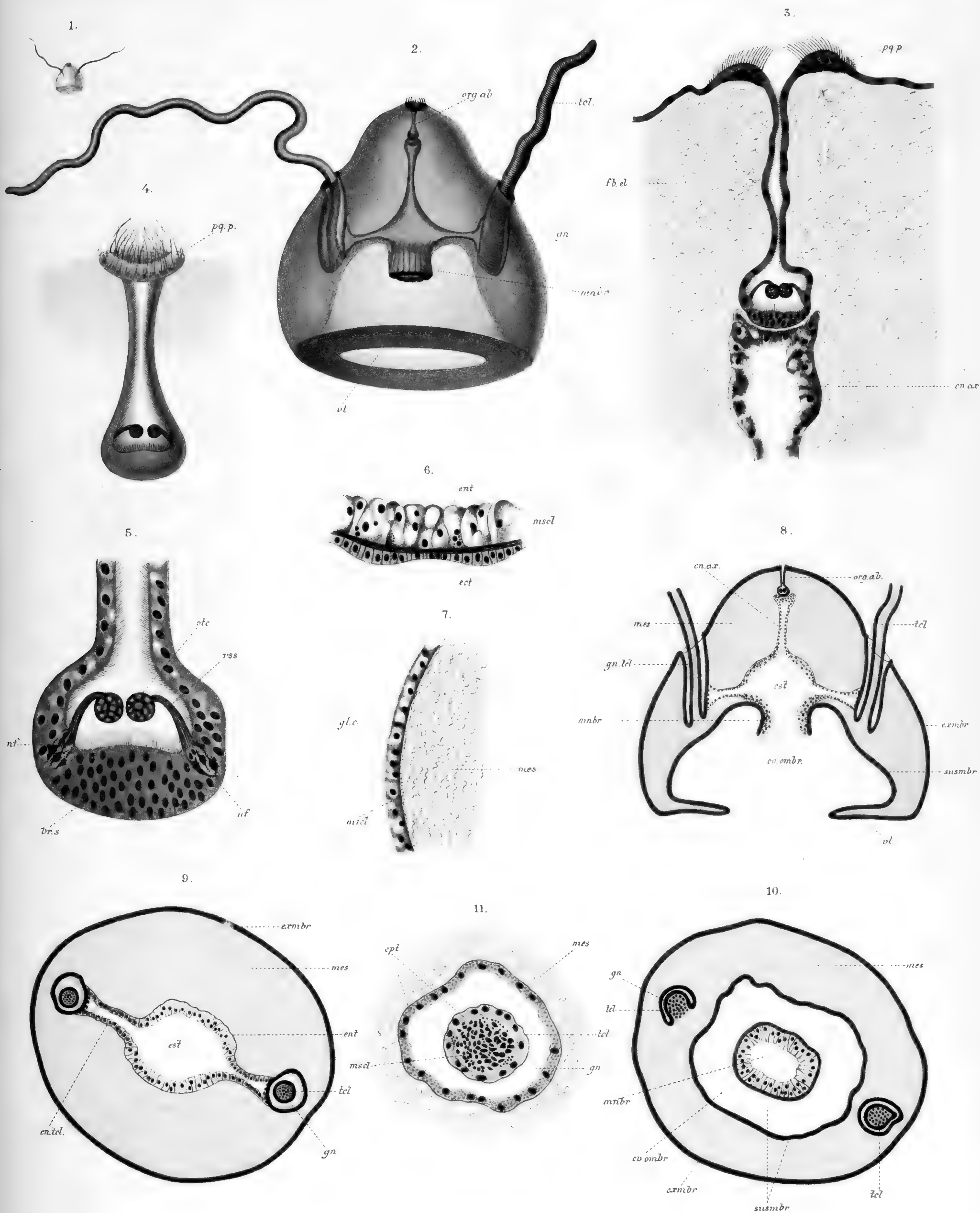
Fig. 10. Coupe transversale de *Hydroctena* au niveau des canaux tentaculaires (schématisée).

Fig. 11. Coupe transversale du tentacule avec sa gaine.



Errata.

Page 9, 7° ligne en remontant, au lieu de la cloche,	lisez: cloche
» 9° » » » » » » sensitif	» sensitive
» 14° » » » » » » la cloche	» cloche
» 8° » » descendant » » » des grains	» de grains
» 10° » » » » » » d'otocyste	» de l'otocyste
» 18° » » » » » » aux ces formations	» à ces formations
Page 11, 1° » » remontant » » » de relation	» des relations
» 1° » » » » » » des ces formes	» de ces formes
» 15° » » » » » » du chaque	» de chaque
» 17° » » » » » » du chaque	» de chaque
» 12° » » descendant » » » d'insertion	» de l'insertion
Page 12, 3° » » » » » » la système	» le système
» 18° » » » » » » gïanes	» gïanes
Page 13, 2° » » » » » » présense	» présence
» 1° » » remontant » » » des animaux	» d'animaux.



13,373
ЗАПИСКИ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.

MÉMOIRES

DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST-PÉTERSBOURG.

VIII^e SÉRIE.

ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОТДѢЛЕНІЮ.

CLASSE PHYSICO-MATHÉMATIQUE.

Томъ XIV. № 10 и послѣдній.

Volume XIV. № 10 et dernier.

REVISION

DER

OSTBALTISCHEN SILURISCHEN TRILOBITEN.

VON

Fr. Schmidt.

Mitglieder der Akademie.

ABTHEILUNG V. ASAPHIDEN.

LIEFERUNG III.

Enthaltend die Gattungen *Ptychopyge* (*Pseudasaphus*, *Basilicus* und *Ptychopyge* sens. str.), *Ogygia* und *Nileus*.

Mit 8 Tafeln.

(Gelesen am 22. Mai und 4. December 1902).

С.-ПЕТЕРБУРГЪ. 1904. ST-PÉTERSBOURG.

Продается у комиссіонеровъ Императорской
Академіи Наукъ:

И. И. Глазунова, М. Эггера и Комп. и К. Л. Риккера
въ С.-Петербургѣ,
Н. П. Карбасникова въ С.-Петербургѣ, Москвѣ, Варшавѣ и
Вильнѣ,
Н. Я. Оглоблина въ С.-Петербургѣ и Кіевѣ,
М. В. Ключина въ Москвѣ,
Е. П. Распопова въ Одессѣ,
Н. Киммеля въ Ригѣ,
Фоссъ (Г. Гэссель) въ Лейпцигѣ,
Люзакъ и Комп. въ Лондонѣ.

Commissionnaires de l'Académie IMPÉRIALE des
Sciences:

J. Glasounof, M. Eggers & Cie. et C. Ricker à St.-Péters-
bourg,
N. Karbasnikof à St.-Pétersbourg, Moscou, Varsovie et
Vilna,
N. Oglobline à St.-Pétersbourg et Kief,
M. Klukine à Moscou,
E. Raspopof à Odessa,
N. Kymmel à Riga,
Voss' Sortiment (G. Haessel) à Leipsic,
Luzac & Cie. à Londres.

Цена: 2 руб. 80 коп. — Prix: 7 Mk.

ЗАПИСКИ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.
MÉMOIRES
DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST-PÉTERSBOURG.
VIII^e SÉRIE.

ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОТДѢЛЕНІЮ.

Томъ XIV. № 10 и послѣдній.

CLASSE PHYSICO-MATHÉMATIQUE.

Volume XIV. № 10 et dernier.

REVISION

DER

OSTBALTISCHEN SILURISCHEN TRILOBITEN.

VON

Fr. Schmidt.

Mitglieder der Akademie.

ABTHEILUNG V. ASAPHIDEN.

LIEFERUNG III.

Enthaltend die Gattungen *Ptychopyge* (*Pseudasaphus*, *Basilicus* und *Ptychopyge* sens. str.), *Ogygia* und *Nileus*.

Mit 8 Tafeln.

(Gelesen am 22. Mai und 4. December 1902).



С.-ПЕТЕРБУРГЪ. 1904. ST-PÉTERSBOURG.

Продается у комиссіонеровъ Императорской
Академіи Наукъ:

И. И. Глазунова, М. Эггерса и Комп. и К. Л. Риккера
въ С.-Петербургѣ,
И. П. Карбасникова въ С.-Петерб., Москвѣ, Варшавѣ и
Вильнѣ,
Н. Я. Оглоблина въ С.-Петербургѣ и Кіевѣ,
М. В. Ключина въ Москвѣ,
Е. П. Распопова въ Одессѣ,
Н. Киммеля въ Ригѣ,
Фоссъ (Г. Гэссель) въ Лейпцигѣ,
Люзаъ и Комп. въ Лондонѣ.

Commissionnaires de l'Académie IMPÉRIALE des
Sciences:

J. Glasounof, M. Eggers & Cie. et C. Ricker à St.-Péters-
bourg,
N. Karbasnikof à St.-Pétersbourg, Moscou, Varsovie et
Vilna,
N. Oglobline à St.-Pétersbourg et Kief,
M. Klukine à Moscou,
E. Raspopof à Odessa,
N. Kymmel à Riga,
Voss' Sortiment (G. Haessel) à Leipsic,
Luzac & Cie. à Londres.

Цена: 2 руб. 80 коп. — Prix: 7 Mk.

Напечатано по распоряженію Императорской Академіи Наукъ.

С.-Петербургъ, Февраль 1904 г.

Непремѣнный Секретарь, Академикъ *Н. Дубровинъ.*

ТИПОГРАФІЯ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ НАУКЪ.

Вас. Остр., 9 лин., № 12.

VORWORT.

Die gegenwärtige Lieferung enthält die Beschreibung der Asaphiden - Gattungen *Ptychopyge*, *Ogygia* und *Nileus* unsres ostbaltischen silurischen Gebiets. Schon im Vorwort zur vorigen Lieferung hatte ich angekündigt, dass ich die Gattung *Ptychopyge* Ang. jetzt in drei Untergattungen theile: *Pseudasaphus*, *Basilicus* und *Ptychopyge* sens. str. Diese Dreitheilung ist jetzt durchgeführt worden, bei der letzten Abtheilung haben aber neben den typischen Arten ein paar unvollständig bekannte Formen untergebracht werden müssen, über deren Hierhergehörigkeit wir nicht ganz sicher sind, zumal die für die Gruppenvertheilung so wichtigen Hypostomen wiederholt fehlen. Diese auch in ihrer Begrenzung untereinander nicht sichern Arten sind fast sämmtlich auf der Tafel VII untergebracht. Auf T. VIII ist die jetzt recht vollständig bekannte *Ptychopyge cincta* Br. (*Megalaspis excavato-zonata* Ang.) dargestellt, die in mancher Beziehung eine Mittelstellung zwischen *Ptychopyge* sens. str. und den beiden andern in dieser Lieferung behandelten Gruppen einnimmt. In dem Vorwort zur vorigen Lieferung der Asaphiden hatte ich für die gegenwärtige noch die Beschreibung einer Art der Gattung *Barrandia* nach einem Geschiebeexemplar von etwas zweifelhafter Herkunft angekündigt. Das betreffende Stück hat sich jetzt als zu *Ogygia* gehörig erwiesen, von welcher Gattung es mir gelungen ist jetzt noch ein anstehend gefundenes Stück aus unsrem Gebiet vorzulegen.

Zum Schluss der gegenwärtigen Lieferung gebe ich eine neue Darstellung der Gattung *Nileus*, welche die von Volborth bereits vor 40 Jahren gegebene in manchen Stücken vervollständigen wird.

Jetzt bleibt von unsern Asaphiden für die nächste, 4te Lieferung nur noch die grosse Gattung *Megalaspis* übrig, von der eine vorläufige Darstellung schon in der ersten

Lieferung (1898) gegeben ist, die gegenwärtig in vieler Beziehung ergänzt und verbessert werden kann. Damit wird dann auch meine Bearbeitung unsrer ostbaltischen silurischen Trilobiten beendet sein und ich behalte mir nur noch vor als Abschluss des Ganzen ein zusammenhängendes Verzeichniss unsrer gesammten Trilobitenfauna mit den nöthigen Correcturen und Ergänzungen zu liefern.

Januar 1904.

Inhalt.

	Seite.		Seite.
Gen. <i>Ptychopyge</i> Ang.	1	<i>Ptychopyge truncata</i> Nieszk. sp.	39
Subgen. <i>Pseudasaphus</i> m.	4	— — var. <i>Bröggeri</i> m. ...	42
<i>Pseudasaphus globifrons</i> Eichw.	6	— sp.	45
— (?) <i>Mickwitzi</i> m.	11	— <i>cincta</i> Brögg.	45
— <i>tecticaudatus</i> Steinh. sp.	12	— <i>Plautini</i> m.	49
— — var. <i>praecur-</i>		— <i>Wöhrmanni</i> m.	52
— <i>rens</i> m.	18	— <i>Knyrkoi</i> m.	53
Subgen. <i>Basilicus</i> Salt.	20	— <i>Pahleni</i> m.	55
<i>Basilicus Lawrowi</i> m.	23	Gen. <i>Ogygia</i> Brogn. auct.	57
— <i>kuckersianus</i> m.	26	<i>Ogygia dilatata</i> Brunn. var. <i>Panderi</i> m. .	59
— <i>kegelensis</i> m.	29	— — var. <i>Plautini</i> m. .	62
Subgen. <i>Ptychopyge</i> sens. str.	30	Gen. <i>Nileus</i> Dalm.	63
<i>Ptychopyge angustifrons</i> Dalm. sp.	34	<i>Nileus Armadillo</i> Dalm.	64
— — var. <i>gladiifera</i> m.	38	Erklärung der Tafeln.	

Erklärung der Textfiguren.

Die Originale gehören sämtlich dem akademischen Museum an. Alle Figuren in natürlicher Grösse.

Pag. 9, Fig. 1. *Pseudasaphus globifrons* Eichw. sp. Umschlag des Pygidiums von Reval. B_{3b} .

Pag. 16, Fig. 2. *Pseudasaphus tecticaudatus* Steinh. sp. Pygidium aus der Volborth'schen Sammlung, wahrscheinlich von Reval. C_{2b} .

Fig. 3. Pygidium von Reval aus der Plautin'schen Sammlung von Reval, C_{1b} , Umschlag und Gleitfacette.

Pag. 24, Fig. 4. *Basilicus Lawrowi* m. Umschlag des Kopfschildes und wohlerhaltene hintere Thoraxpleuren mit Ornamentirung. Aus der Plautin'schen Sammlung von Gostilizy. C_{1a} .

Pag. 44, Fig. 5a, b. *Ptychopyge truncata* var. *Bröggeri* m. Kopfschild und Pygidium des nämlichen Exemplars, mit wohlerhaltenem Umschlag. Obuchowo am Wolchow, B_{2b} oder $BII\gamma$ nach Lamanski.

Pag. 66, Fig. 6. *Nileus Armadillo* Dalm. Umschlag der Thoraxpleuren. Copie nach Volborth l. c. Taf. IV, Fig. 5.

Gen. *Ptychopyge* Angelin.

In seiner *Palaeontologia scandinavica* p. 51 charakterisirt Angelin die Gattung folgendermaassen:

Corpus latum, depressum, ovale, longitudinaliter trilobum, crusta laevi, impresso punctata vel irregulariter striolata.

Caput subovale, explanatum, immarginatum, anguli exteriores producto-acuminati. Oculi elati, semilunares, distincte reticulati, approximati, versus medium frontis siti, supra lobo orbitali rotundato tecti. Frons obsoleta parum elevata, oblongula, medio subangustata, apice ipso rotundata. Sutura facialis postice ab oculis marginem baseos intus flexa petit, antice acuminata, frontem late circumscribens.

Thorax segmentis 8 sulco pleurico obsoleto, extrorsum evanescente impressis, apice oblique truncatis; rhachi distincta, angusta.

Abdomen capiti subaequale, explanatum, immarginatum, costis lateralibus simplicibus, obsoletis, interstitiis latioribus, rhachis angusta, elongata, marginem haud attingens. Limbus scuti inferior latissimus, densissime striolatus.

Brögger spricht sich in seiner Arbeit über das Hypostoma der Asaphiden p. 34 dahin aus, dass eine scharfe Trennung zwischen den beiden Gattungen *Asaphus* und *Ptychopyge* (im Sinne von Angelin) nicht durchführbar ist und es dünkt ihn daher richtig *Ptychopyge* nur als Untergattung von *Asaphus* gelten zu lassen. Zwei Seiten vorher (p. 32) giebt er folgende Charakteristik von *Ptychopyge*, die in manchen Stücken die Angelin'sche Charakteristik ergänzt und verbessert:

«Eine zweite Formenreihe der Gattung *Asaphus* oder eigentlich mehrere solcher Reihen, die unter sich nahe verwandt sind, bilden die Arten, welche zuerst von Angelin als einer besonderen Gattung *Ptychopyge* zugehörig ausgeschieden wurden. Diese Arten zeichnen sich aus durch eine flache Körperform mit relativ grossem Pygidium, durch den Verlauf der Facialsutur, welche vorn in eine Spitze (en ogive) ausläuft (was übrigens auch bei der Gruppe des *Asaphus raniceps* in ähnlicher Weise stattfindet), eine relativ knrze Glabella, in Hörner ausgezogene Wangen, quer abgeschnittene oder nach hinten spitz ausgezogene Pleuralenden des Thorax, durch die ungewöhnlich grosse Duplicatur des Pygidiums, welche noch grösser als bei den echten typischen *Asaphi* ausgebildet ist.»

Zu den von Angelin und Brögger angegebenen Kennzeichen könnte ich noch hinzufügen, dass die Form des Kopfes grösstentheils vorn abgerundet ist, was beim echten *Asaphus* sens. str. nur bei wenigen Arten (z. B. *A. expansus*) vorkommt. Ausserdem ist gegen die Angelin'sche Charakteristik anzuführen, dass das Kopfschild durchaus nicht ungerandet ist, wenn auch nicht ein so scharf abgegrenzter Randsaum wie bei *Niobe* vorkommt, aber vorhanden ist er fast immer, wenigstens vorn, so dass der Kopfumschlag eine scharfe Kante bildet, die meist einer schmäleren oder breiteren blattartigen Ausbreitung des Randes entspricht.

Die faltenförmigen Pleuren am Pygidium, die Veranlassung zum Gattungsnamen *Ptychopyge* gegeben haben, sind durchaus nicht immer deutlich ausgebildet, sondern oft nur in Andeutungen vorhanden. Immerhin sind sie aber stets einfach und nicht doppelt wie bei *Megalaspis* und andeutungsweise wenigstens bei einigen *Asaphus* sens. str. Die innere Begrenzung des Umschlags der Thoraxpleuren bildet bei allen zur Gattung *Ptychopyge* gehörenden Arten einen convexen Bogen, während dieser bei *Asaphus* sens. str. (s. dort Textfig. 11 u. 12) stets concav war. Die Pander'schen Organe sind stets vorhanden, bilden aber meist nicht längliche Erhöhungen mit bogenförmiger Spalte wie bei *Asaphus* sens. str., sondern kleine runde Höcker, deren feine Durchbohrung an der Hinterseite der Spitze oft nur schwer zu constatiren ist.

In der ersten Lieferung der vorliegenden Arbeit habe ich im Anschluss an Brögger *Ptychopyge* als subgen. von *Asaphus* angenommen und für keine ganz natürliche Gruppe erklärt, jetzt nach vollständiger Durcharbeitung des Materials muss ich entsprechend der oben mitgetheilten Charakteristik mich doch für die Genusrechte unserer Gattung erklären.

Ganz der oben citirten Aeusserung Brögger's entsprechend besteht die Gattung *Ptychopyge*, soweit uns gutes Material vorliegt, aus drei ganz bestimmt charakterisirten Reihen von Formen, die gewisse oben angeführte gemeinsame Kennzeichen haben, sonst aber keinerlei Übergänge unter einander zeigen. Ich fasse diese Reihen als drei besondere Subgenera auf, deren Erscheinungsformen ich zunächst in unsrem russisch-scandinavischen Silurgebiet verfolge, die z. Th. aber auch in Böhmen, England und Nord-Amerika nachzuweisen sind. Ihre Unterscheidungskennzeichen machen sich in allen Körpertheilen geltend, am Kopf, am Thorax, am Pygidium und namentlich auch am Hypostoma, das für jede der Gruppen seine ganz charakteristische Ausbildung zeigt.

Zwei unsrer Subgenera sind schon von Salter in seiner Monographie der britischen Trilobiten als Unterabtheilungen von *Asaphus* angeführt (l. c. p. 146), aber durchaus noch nicht genügend begrenzt und charakterisirt. Es sind *Ptychopyge* sens. str. gegründet auf *P. angustifrons* mit ihren nächsten Verwandten und *Basilicus* Salt., gegründet auf *Asaphus tyrannus* Murch. Diesen beiden Gruppen füge ich noch eine dritte hinzu, die ich ebenfalls bereits früher angedeutet habe¹⁾ und jetzt als Subgen. *Pseudasaphus* m. in das System ein-

1) Rev. d. ostbalt. silur. Trilobiten. Abth. V. Lief. I p. 1 (Einleitung).

führe. Sie stützt sich wesentlich auf *Ptychopyge globifrons* Eichw. und *P. tecticaudata* Steinh. mit ihren Verwandten *P. acicularis* Ang., *rimulosa* Ang. u. a. Ich gebe jetzt zunächst die kurzen Diagnosen und unterscheidenden Kennzeichen der drei Untergattungen und betrachte nachher jede derselben mit ihren einzelnen Arten ausführlicher.

1) Subgen. *Pseudasaphus* m. Vom Habitus eines *Asaphus*. Körper gewölbt, gestreckt. Kopfschild vorn gerundet, halbkreisförmig oder etwas mehr vorgezogen, vorn zu einem Randsaum abgeflacht. Hinterecken spitzig oder zu Hörnern ausgezogen. Glabella kolben- bis birnförmig mit deutlichem Basallobus. Gesichtslinien vor der Glabella in scharfe Spitzen (en ogive) vorgezogen. Hypostoma dem von *Asaphus* ähnlich, mit kleinen, steil ansteigenden Vorderflügeln, die von aussen oft nicht zu sehen sind. Mittelkörper subquadratisch mit gerundeten Ecken. Seitenfurchen bis zum Vorderrand reichend. Gabelspitzen lang. Maculae vertieft am Grunde der Seitenfurchen, schräg gestellt, rundlich, bisweilen mit gebogenem, erhabenem Rand. Dorsalfurchen des Thorax tief, die Rhachisbreite ungefähr $\frac{1}{3}$ der Gesamtbreite. Pleuren am Ende schräg abgeschnitten oder in Spitzen ausgezogen. Diagonalfurchen tief, verlieren sich allmählig nach aussen, innere Grenzlinie des Umschlages mässig convex. Pygidium gewölbt, halbkreisförmig bis parabolisch, zuweilen mit Randsaum. Die Pleuren nur schwach angedeutet, oder statt ihrer geradlinig verlaufende rippenartige Linien, als Fortsetzung der Trennungslinien der Rhachisglieder, die in Terrassenlinien übergehen. Der Umschlag erreicht die Rhachis nur an ihrem hintern Theil. $B_{2b} - C_2$.

2) Subgen. *Basilicus* Salt. Körper breit und flach. Kopfschild vorn gerundet, halbmondförmig, vorn mit Randsaum, hinten in Spitzen ausgezogen. Glabella birnenförmig bis oblong, meist mit Basallobus. Gesichtslinien vorn dem Rande genähert, in scharfer, kurzer Spitze (en ogive) oder in stumpfem Winkel zusammenstossend. Hypostoma mit kurzen, divergirenden Vorderflügeln. Das Mittelstück erscheint nach vorn verjüngt durch die nach vorn convergirenden und kantenartig bis zum Vorderrand reichenden Seitenränder. Die Seitenfurchen nur in ihrem hintern Theil entwickelt. Maculae flach, hinten von geradlinigen, meist nach aussen und hinten gerichteten Rippen begrenzt. Gabelspitzen lang, wie bei *Asaphus*. Dorsalfurchen am Thorax flach. Die Pleuren in Spitzen ausgezogen, die Diagonalfurchen schwach vertieft, mit allmählich sich nach aussen verlierender Spitze. Plefenumschlag mit stark convexer, bogenförmiger Grenzlinie. Pygidium abgeflacht, halbkreisförmig, mit flachem Randsaum. An den Seitentheilen 6—8 deutliche, breite, am Rücken gerundete Falten, die bis zum Randsaum reichen, im vordern Theil ihres Verlaufs mit einem schwachen Knie, das der Grenze des Umschlages entspricht, der nur am hintern Theil der Rhachis bis zu dieser reicht. $C_{1a} - D_2$.

3) Subgen. *Ptychopyge* sens. str. Körper gestreckt, mässig gewölbt. Kopfschild halbkreisförmig bis dreieckig, mit ausgezogenen Spitzen an den Hinterecken, vorn meist mit deutlich ausgesprochenem Randsaum umgeben. Glabella mässig gewölbt, birnförmig bis oblong, mit oder ohne deutlichen Basallobus. Gesichtslinie in eine längere oder kürzere Spitze (en ogive) ausgezogen. Am Vorderrande des hintern Lappens der festen Wangen, hinter den

Augen, an der Grenze der Dorsalfurchen meist eine starke höckerförmige oder gebogene Anschwellung. Hypostoma mit kurzen breiten dreieckigen Gabelenden, die nur $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ der ganzen Länge ausmachen. Der Mittelkörper gross, oblong abgerundet. Der Randsaum breit, die Seitenfurchen tief, nach hinten erweitert. Die Vorderflügel aufrecht, stark nach hinten ausgedehnt. Die Maculae auf erhabenem Grunde, vertical oder etwas nach hinten und aussen geneigt zur Seitenfurchen gestellt. Die Dorsalfurchen des Thorax tief; die Rhachis gewölbt, meist schmal. Die Pleuren schräg abgeschnitten oder in Spitzen ausgezogen. Die Diagonalfurchen nicht in lange Spitzen ausgezogen, sondern kahnförmig, stumpfer endend; der Pleurenumsschlag am innern Rande spitzwinklig oder stumpf vorspringend. Das Pygidium halbkreisförmig bis parabolisch, mehr oder weniger gewölbt, mit aufgeworfenem oder geneigtem Randsaum, bis zu welchem die stärker oder schwächer ausgebildeten Pleurenfalten reichen. Der Umschlag reicht entweder bis zur Rhachis in ihrer ganzen Ausdehnung oder nur bis an ihren hintern Theil. B_{1b} — B_{3a} .

Subgen. **Pseudasaphus** m.

Der Name *Pseudasaphus* soll die grosse Aehnlichkeit unseres neuen Subgenus mit der Gattung *Asaphus* andeuten. Diese Aehnlichkeit besteht neben dem vollständig mit *Asaphus* übereinstimmenden Bau des Kopfschildes, so dass unsere hierher gehörenden Arten, vom Pygidium abgesehen, ganz wohl unter die echten *Asaphus*-Arten eingereiht werden könnten — wesentlich in dem Mangel der starken gerundeten Pleurenfalten am Pygidium, die von Angelin als charakteristisch für die Gattung *Ptychopyge* angegeben wurden, in der etwas geringern Breite des Pygidium-Umschlages, der noch ein Stück längs dem obern Theil der Rhachis frei lässt, der bei den echten *Ptychopyge*-Arten auch noch vom Umschlag verdeckt ist, in der bei einem Theil der Arten, wie bei *Asaphus*, dreiseitigen und abwärts gebogenen Gleit-Facette an den Vorderecken des Pygidiums und endlich in der Form des Hypostoma, das zum Theil schwer von dem bei den echten *Asaphus*-Arten zu unterscheiden ist. So hatte noch Brögger in *Asaph. hypost.*, trotzdem er (l. c. p. 34 f. 13, 14) bei *Ptychopyge aciculata* und *glabrata* einen durchgehenden Unterschied von *Asaphus* in der Stellung der Macula nachzuweisen suchte, doch die Fig. 17 auf T. 1 noch einer grossen *Asaphus*-Art von Oeland zugeschrieben, während sie, wie wir später nachweisen werden, einem *Pseudasaphus* aus der nächsten Verwandtschaft des *P. tecticaudatus* zugehören muss, wenn sie nicht zu dieser Art selbst gehört.

Im Uebrigen sind auch noch Unterschiede von *Asaphus* sens. str. genug vorhanden, um die Stellung unsres Subgenus innerhalb der Gruppe *Ptychopyge* Angel. zu rechtfertigen. Das vorn gerundete Kopfschild mit spitzen oder in Hörner ausgezogenen Ecken, der abgeflachte Randsaum, die fast vertical gestellten Vorderflügel des Hypostoma, die von aussen kaum zu sehen sind; die spitz endenden Pleuren des Thorax, endlich der immerhin noch

sehr breite Umschlag des Pygidiums, der wenigstens bis an den hintern Theil der Rhachis hinanreicht.

Wir haben oben gesagt, dass unsere Untergattung sich wesentlich auf unsre beiden Arten *P. globifrons* Eichw. und *tecticaudatus* Steinh. stützt, die allein vollständig vorhanden sind, wir vereinen aber mit ihr ein paar Arten aus Schweden und z. Th. aus norddeutschen Geschieben, die wesentlich nach ihren Pygidien und z. Th. auch nach den Hypostomen bekannt sind, wie *P. aciculata* Ang. (*undulata* Steinh.), *rimulosa* Ang. (*brachyrhachis* Rem.) und *glabrata* Ang. Die beiden erstgenannten Arten kommen in Schweden, in Oeland und Dalarne in gleichem Niveau mit unsrem *P. tecticaudatus* vor und sind durch ihre eigenthümlich geformten und ornamentirten Pygidien, die mir auch in guten Exemplaren vorliegen, ganz gut bekannt. Die dritte Art, *Ptychopyge glabrata* Ang. Pal. scand. p. 54 S. 29 f. 33a, gehört vielleicht auch hierher, da die Streifen auf den Seitentheilen des Pygidiums an die bei *P. tecticaudatus* und seinen Verwandten erinnern, auch ist das von Brögger As. hyp. S. 1 f. 14 und Lindström l. c. p. t. f. dargestellte Hypostoma dem von *P. aciculata* sehr ähnlich. Das Mittelschild des Kopfes, das bei Angel. l. c. f. 3 abgebildet ist, bildet weit weniger Anknüpfungspunkte.

Ausser den beiden bei uns vollständig vorkommenden Arten des Subgenus *Pseudasaphus* rechne ich hierher vorläufig noch ein paar Pygidien aus einer viel ältern Schicht, dem Glauconitkalk bei Baltischport B_{2a} — B_{2b} , die ich nach ihrem Finder *P. Mickwitzi* benenne, ohne ihre Hierhergehörigkeit bestimmt nachweisen zu können.

Verticale und horizontale Verbreitung der Arten.

	B_2	B_3	C_1	C_2	Peters- burger Gouv.	Est- land.	Auswärts.
<i>Pseudasaphus globifrons</i> Eichw. . .	—	+	—	—	+	+	Geschiebe von Ostpreussen, Schweden?
» <i>tecticaudatus</i> Steinh.	—	—	+	+	+	+	Norddeutsche Geschiebe Schweden.
» (?) <i>Mickwitzi</i> m. . . .	+	—	—	—	—	+	—

Unterscheidende Charaktere.

Glabella kolbenförmig, vorn scharf begrenzt. Hinterecken spitz, nicht in Hörner ausgezogen. Thorax nach hinten, kaum verschmälert. Pleuren mit scharfem Kamm bis zur quer abgeschnittenen Spitze. Pygidium rundlich dreieckig, etwas über einen Halbkreis vorgezogen. Rhachis erhaben, mit tiefen Dorsalfurchen, aus etwa 15 meist scharf geschiedenen Gliedern bestehend, die vordern 5 Trennungslinien setzen sich den schwach angedeuteten Pleuren entsprechend in kurzen unterbrochenen Linien auf die Seitentheile fort, die im Uebrigen von

zahlreichen, dem Aussenrande parallelen Terrassenlinien bedeckt sind. Pygidialfacette abwärts gebogen, dreieckig, mit scharfer Vorderecke, hinten von scharfer, bis zum Rande reichender Rippe begrenzt. *P. globifrons* Eichw. *B_{sb}*.

Glabella birnförmig, nach vorn etwas vorgewölbt und nicht scharf begrenzt. Hinterecken in kurze Hörner vorgezogen. Thorax nach hinten deutlich verschmälert. Der Kamm der Pleuren verliert sich vor dem spitz ausgezogenen Ende. Pygidium parabolisch, gewölbt. Rhachis erhaben, mit wenig deutlichen Dorsalfurchen. Rhachisglieder scharf getrennt, etwa 16—18, die vordern mit 1—2 kurzen Querlinien; die 5—7 vordern Trennungslinien setzen sich den meist schwachen Pleuren entsprechend als kräftige, horizontale, gerade Terrassenlinien auf die zuerst meist etwas abgeflachten (zum Rande meist ausgehöhlten) Seitentheile fort, biegen sich dann am Ende um und reichen als starke Terrassenlinien ohne Unterbrechung bis zum Vorderrande. Von den hintern Rhachisgliedern gehen ähnliche gebogene Terrassenlinien ab, die zum Vorder- oder zum Aussenrande gehen. Pygidialfacette mit abgerundeter Vorderecke, undeutlich, dreiseitig, etwas ausgehöhlt, hinten von abgerundeter Rippe begrenzt, die nicht bis zum Rande reicht. *P. tecticaudatus* Steinh. *C_{1a}*—*C₂*.

Die Unterscheidungscharaktere von *P. Mickwitzi* können hier nicht angegeben werden, weil das Material nicht ausreichend ist.

Pseudasaphus globifrons Eichw. sp.

T. I, F. 1—10.

- ? 1854. *Asaphus rimulosus* Ang. Leth. scand. p. 52 T. 27 F. 7.
- 1857. *Ptychopyge globifrons* Eichw. Bull. de Mosc. p. 220.
- 1857. *Asaphus raniceps* Nieszk. Monogr. Trilob. d. Ostseeprovinzen p. 36.
- 1858. » » F. Schmidt. Unters. sil. Form Estl. p. 186.
- 1858. » *rotundifrons* Hoffm. Verh. Miner. Ges. p. 48, T. 5, F. 3.
- 1860. *Ptychopyge globifrons* Eichw. Leth. ross. an. pr. p. 1471, S. 53, F. 2.
- 1874. *Asaphus raniceps* Steinh. Preuss. Tril. p. 22, T. 1, F. 11.
- 1890. » *Steinhardti* Pomp. Tril. Ost- u. West-Preussens, p. 79, T. 5, F. 1, a, b, c.
- 1898. *Ptychopyge globifrons* F. Schmidt. Revis. d. ost-balt. Tril. Abth. 5, Lief. 1, p. 32.

Es liegt uns eine grosse Zahl schöner Exemplare von Reval vor, nach denen sich eine recht vollständige Darstellung geben lässt. Der Körper gestreckt, mässig gewölbt, etwa $1\frac{3}{4}$ mal so lang wie breit. Das Kopfschild nimmt etwa $\frac{1}{3}$ der Länge des Körpers ein, gewölbt, halbkreisförmig, mit spitzen Hinterecken, noch einmal so breit wie hoch, längs dem Vorderrande mit flachem Randsaum, dessen Breite etwa $\frac{1}{5}$ der Länge der Glabella ausmacht. Glabella gewölbt, hervortretend, kolben- bis birnförmig, zuweilen mit schwachem Kiel (F. 3), nach hinten abgeflacht, zwischen den Augen mit deutlicher nach hinten und innen gerich-

teter erster Seitenfurche, vor deren Mündung sich die etwas divergirende, gerade, bis zum Thorax verlaufende Dorsalfurche abtrennt, die mit der Seiten- und Nackenfurche den deutlichen, dreiseitigen, flachgewölbten Basallobus begrenzt. Vor der ersten Seitenfurche noch Andeutungen von zwei (F. 2, 3) vordern Seitenfurchen, die bei erhaltener Schaaale durchscheinend, bei Steinkernen als längliche elliptische Vorragungen erscheinen. Vom Grunde der Seitenfurchen verläuft eine flache Depression über die Glabella, hinter dieser, hart vor der deutlichen Nackenfurche, ein deutliches spitzes Knötchen. Die Nackenfurche setzt sich meist etwas stärker ausgebildet als Occipitalfurche seitwärts bis auf die halbe Entfernung der Hinterecken von der Dorsalfurche fort. Die Augen gross, mit gewölbter Sehfläche auf ganz niedrigem Augengrunde, der höchstens $\frac{1}{5}$ der ganzen Höhe ausmacht; der Abstand vom Hinterrande des Kopfes beträgt etwa die Hälfte der Augenlänge. Vom Vorderrande sind sie fast um das Anderthalbfache ihrer eigenen Länge entfernt, ebenso gross ist auch der Abstand der Augen von einander. Die kleinen Augendeckel steigen allmählig an, sie ragen wenig über die Oberfläche der Glabella empor und betragen in ihrer Längenausdehnung nur wenig über die Hälfte der Augenfläche. Die Gesichtslinien verlaufen in ihrem hintern Zweige zuerst horizontal, biegen sich dann unter stumpfem Winkel schräg nach hinten, durchschneiden so die Occipitalfurche und zuletzt in convexem Bogen die Fortsetzung des Nackenringes, um vertical auf dem Hinterrand zu münden. Der vordere Zweig geht in leicht convexem Bogen nach aussen und vorn und biegt sich dann in schöner Wölbung nach innen, um in vorragender Spitze (en ogive) den Vorderrand zu erreichen. Die Entfernung der extremen Punkte der vordern Zweige von einander beträgt etwas mehr als die ganze Länge der Glabella und schneidet die letztere in ihrer grössten Breite. Die festen Wangen bilden einen ganz schmalen Streifen zwischen dem Vordertheil der Augen und der Glabella, erweitern sich dann bedeutend bis zur Umbiegung der Gesichtslinien und bilden dann längs des Vorderrandes der Glabella einen ziemlich gleichmässigen Streifen, um dann in ihre flache dreiseitige Spitze überzugehn. Die losen Wangen sind von den Augen ziemlich steil nach aussen abwärts geneigt und zeigen einen vorn breiteren, nach hinten zu den Hinterecken sich immer mehr verschmälernden Randsaum, der besonders bei fehlender Schaaale stark hervortritt. (F. 1.)

Der vordere Umschlag (F. 6) des Kopfschildes ist scharf, blattförmig, schliesst sich der Oberschaaale ziemlich genau an; in der Mitte ist er eben und reicht bis an die Wölbung der Glabella, hier zeigt er einen flachen Ausschnitt zur Einfügung des Hypostoma; an den Seiten wendet er sich aufwärts bis in die Nähe der Augen und bildet ein breites Band. Auf der Oberschaaale ist diese Grenze nur sehr schwach angedeutet.

Das Hypostoma (F. 6—8) ganz dem eines echten *Asaphus* entsprechend, mit langen Gabelspitzen und rundlichem ovalen Mittelschild. Die Vorderlappen wenig divergirend, steil ansteigend, so dass sie von aussen kaum zu sehen sind. Der Seitenrand reicht als ziemlich scharfe, gebogene Kante bis an den Grund des Vorderlappens oder über ihn hinüber fast bis zum Vorderrand. Die Bucht zwischen ihm und dem Vorderlappen wenig ausgesprochen. Am

Grunde der wenig vertieften Seitenfurche die Macula auf einen rundlichen, wenig vorragenden schräg gestellten Tuberkel gestützt, der bisweilen sich ganz verliert.

Die **Oberfläche** des Kopfes ist glänzend glatt, ohne Terrassenlinien, mit feinen eingedrückten Punkten. Nur selten erkennt man auf den Augendeckeln eine Reihe von bogenförmigen, feinen Terrassenlinien und einige dergleichen vor den Hinterecken, quer über die Spitze verlaufend. Der Umschlag zeigt grobe querverlaufende Terrassenlinien wie gewöhnlich. Diese finden sich concentrisch angeordnet in schwacher Entwicklung auch auf dem Hypostoma.

Der **Thorax** ist hochgewölbt, mit steil abfallenden Seiten. Die Rhachis nimmt etwa $\frac{1}{3}$ der ganzen Breite ein und verschmälert sich sehr unbedeutend nach hinten. Sie ist mässig gewölbt und ragt über die flachen innern Pleurentheile hervor. Die Dorsalfurchen mässig vertieft, die einzelnen Rhachisglieder flach gewölbt, vorn mit tiefer Gelenkfurche, auf der Oberfläche mit wenigen concentrisch angeordneten bogenförmig verlaufenden Terrassenlinien. Der flache innere Theil der Pleuren bis zum Fulcrum ist etwa halb so breit wie die Rhachis, der schräg nach aussen fallende äussere Theil fast noch einmal so breit wie der innere. Die Pleuren enden alle breit, schräg abgeschnitten, mit spitzen Hinterenden. Die diagonale Längsfurche der Pleuren ist tief und endet in einer feinen Spitze, von wo eine merkliche scharfe Kante, als hintere Grenze der Gleitfläche bis zum hintern Ende der Pleuren verläuft. Von dieser Kante aus verlaufen feine Terrassenlinien nach aussen und vorn zum Vorder- rand der Pleuren (F. 2_a). Der freie Theil der Pleuren vom Hinterrande bis zur erwähnten Grenzkante zeigt ähnliche, aber weniger dichte Querstreifung nach aussen und hinten, die in ihrem Habitus an die Bogenstreifung auf der Rhachis sich anschliesst. Der Umschlag des äussern Pleurentheils verhält sich ganz analog, wie wir es bei *Asaphus* sens. str. in Asaphiden Lief. 1, p. 13, F. 11, 12 dargestellt haben, nur haben wir statt des concaven Innenrandes der Umschlagslamelle einen etwas convexen (F. 9, 10) bogenförmigen Innenrand. Am hintern Rande der Lamelle verläuft ein linearer Fortsatz bis in die Nähe des Fulcrum, der an seinem Beginn mit dem convexen Innenrand einen spitzen Winkel bildet. Die Oberfläche zeigt feine, von aussen und hinten nach innen und vorn verlaufende Terrassenlinien. Die Pander'schen Organe erscheinen ganz (F. 9, 10) ähnlich ausgebildet wie bei *Asaphus* sens. str., nur ist die entsprechende Erhöhung etwas kürzer und die feine Spaltenöffnung an ihrem hintern steilen Abhang noch schwerer wahrzunehmen, doch können wir sie sowohl von aussen als von innen gesehen constatiren. Wäre sie nicht vorhanden, so müsste die Erhöhung oder im anderen Falle die Vertiefung immer rein hervortreten. Wir sehen aber an Stelle der Spalte in beiden Fällen immer einen Rest von Gestein bei sonst ganz freigelegter Oberfläche und konnten auch in einzelnen Fällen die ringförmige Umgebung der Spalte (F. 9) constatiren.

Das **Pygidium** rundlich dreieckig oder breit parabolisch, gewölbt, etwas über einen Halbkreis vorgezogen, etwa $1\frac{1}{2}$ mal so breit wie lang; der Hinterrand etwas aufgewölbt, an den Seiten die schwache Andeutung eines Randsaums, die bei fehlender Schale deutlicher wird. Rhachis mässig hervortretend, etwa noch einmal so lang wie breit, wenn gut erhalten

in 15 Segmente getheilt, die sich bis an's äusserste Ende verfolgen lassen und durch scharfe, nach vorn etwas ausgebuchtete Linien markirt werden. Wie bei den Verwandten von *Asaphus expansus* lässt sich auf wohlerhaltener Rhachis ein mittlerer fortlaufender Strang unterscheiden und seitlich eine Reihe von rundlichen Flecken, die durch Färbung oder Wölbung hervortreten. Auf dem mittleren Theil der vordern Rhachisglieder lassen sich noch 1 oder 2 kurze Querlinien unterscheiden. Die fünf ersten Trennungslinien der Rhachisglieder setzen sich noch fortlaufend oder unterbrochen etwas über die flache Dorsalfurche auf die Seitentheile fort und entsprechen hier den 5 schwach angedeuteten schmalen und kurzen Pleuren (F. 2, 5). An die Enden der erwähnten Trennungslinien schliessen sich direkt oder mit kurzer Unterbrechung kräftige, nach aussen und vorn gerichtete Terrassenlinien an, die ausserdem die ganzen Seitentheile bedecken, aber bei unsrer Art nur auf kurze Strecken fortlaufend sind; sie ziehen sich auch längs dem Aussenrande fort und münden vorn in die tiefe Furche, welche die vordere Gleitfläche des Pygidiums von den Seitentheilen trennt und der Diagonalfurche der Thoraxpleuren entspricht. Die Gleitfläche (F. 5a) ist stark nach vorn geneigt, dreieckig, seitlich mit vorn breit abgerundeter hinten scharfer Spitze und zeigt eine ähnliche Skulptur von nach vorn und aussen gerichteten Terrassenlinien wie die oben beschriebenen Gleitflächen der Thoraxpleuren. Die Gleitfläche ist hinten durch einen scharfen und hohen Kamm begrenzt, der steil in die oben erwähnte Vorderfurche des Pygidiums abfällt.



Fig. 1. *Pseudosaphus globifrons*. Reval B_{3b}

Der Umschlag des Pygidiums ist mit groben (reichlich 20) Terrassenlinien bedeckt. Er reicht im hintern Theil bis an die Rhachis und trennt sich nur im vordersten Drittel von derselben, wo jederseits ein schmales dreiseitiges Feld nicht von ihm eingenommen wird. Der innere Rand des Umschlags bildet einen flachen Bogen, der nach vorn wellige Ausbuchtungen zeigt (Textfig. 1).

Maasse in mm.

Ganze Länge	102	70	—	—
Länge des Kopfes	31	25	22	37
Breite » »	58	42	38	29
Länge der Glabella	24	19	17	12
Breite » »	18	15	12	9
Länge des Thorax	32	25	—	—
Breite » »	58	41	—	—

Breite der Rhachis vorn . .	18	14	—	—
Länge des Pygidiums	36	24	22	19
Breite » »	55	39	34	28
Länge der Rhachis	27	21	18	14,5
Breite » »	14	10	10	8

Geschichte der Art. Schon seit den dreissiger Jahren des vorigen Jahrhunderts lagen schöne Stücke unsrer Art, von Reval, in der Sammlung des mineralogischen Kabinets zu Dorpat. Nieszkowski sowohl als ich bestimmten diese Stücke als *Asaph. raniceps* Dalm. Unserem Beispiel folgte 1874 Steinhardt mit einem hierher gehörigen preussischen Geschiebe. Im *A. rotundifrons* hätte Hoffm. wohl eigentlich zuerst unsre Art unterschieden, seine Abbildung ist aber so mangelhaft, dass ich bis jetzt noch unsicher bin, ob sie unsere Art oder etwa *P. tecticaudatus* darstellt. Unterdessen hatte Eichwald schon 1857 unsere Art nach einem Stück der Sammlung des Baron Rudolf Ungern-Sternberg als *Ptychopyge globifrons* im Bullet. d. Moscou kurz bestimmt und dann 1860 in der Lethaea rossica beschrieben und abgebildet. In unsrer Fig. 1 geben wir eine neue und verbesserte Darstellung dieses Exemplars. Gegen Ende der 70er Jahre sah ich das Eichwald'sche Original Exemplar und bald darauf auch andere von Eichwald als *Ptychopyge globifrons* bestimmte Stücke, so dass ich meinen frühern Irrthum einsah und trotz der mangelhaften Darstellung in der Lethaea ein klares Bild der Eichwald'schen Art erhielt, die ich als solche auch in der Einleitung zu meiner Revision der ost-baltischen silurischen Trilobiten 1887 p. 23 anführte und darüber auch nach Königsberg an Prof. Branco berichtete. Damals war gerade die Arbeit von Pompecki über die preussischen Geschiebe-Trilobiten in Vorbereitung. Trotz meiner Bemerkung erschien dem Verfasser die Zusammengehörigkeit des von Steinhardt beschriebenen Stückes mit dem von Eichwald dargestellten so unwahrscheinlich, dass er das erstere als besondere Art *A. Steinhardti* beschrieb und abbildete, übrigens die beste bisherige Darstellung unserer Art, die ich in vorliegender Arbeit auch benutzt habe.

Ich habe oben auch *A. rimulosus* Ang. mit einem ? als Synonym angeführt. Die Art wird aus dem Orthocerenkalk von Husbyfjöl angeführt, ist aber in der Stockholmer Sammlung nicht vorhanden. Nach der Abbildung könnte sie sehr wohl hierher gehören.

Beziehungen zu verwandten Arten. Obgleich eigentlich gar nicht verwandt, ist unsere Art doch wiederholt mit *A. raniceps* in Verbindung gebracht worden, vorzüglich der ähnlichen Form der Glabella und des Pygidiums wegen, aber der kreisrunde Umriss des Kopfschildes und sein flacher vorderer Randsaum geben wohl genügende Unterschiede. Am nächsten ist unsere Art mit der ihr im Alter nachfolgenden Art *P. tecticaudatus* Steinh. sp. verwandt, zu der auch mancherlei Uebergänge hinführen, so dass ein genetischer Zusammenhang nahe liegt. Hierzu gehören namentlich Stücke, wie sie in den höchsten Stufen von *B_{3b}* vorkommen, mit birnförmiger (nicht kolbenförmiger) mehr nach vorn vorgezogener Glabella (F. 4), deren

grösste Breite nicht mit dem grössten Abstand der vordern Zweige der Gesichtslinien zusammenfällt, sondern etwas hinter diesen zu liegen kommt. Auch die schwächer ausgebildete Nackenfurche weist auf eine Annäherung zu *P. tecticaudatus* hin. Von verwandten Formen aus älteren Schichten, namentlich dem Glauconitkalk, liegen mir ein paar Pygidien vor, die ich im Folgenden als *Pseudas. Mickwitzi* beschreiben werde, nach dem Finder der besten hierher gehörigen Stücke.

Vorkommen. Ausschliesslich in der obersten Stufe des Vaginatenkalks *B_{3b}* bis an die Grenze der obern Linsenschicht. Besonders bei Reval, wo aus den Steinbrüchen am Abhang des Laaksberges, des Domberges, bei Springthal, bei Hirro u. s. w. eine ganze Anzahl schöner Exemplare ausgebeutet worden sind. Ausserdem westlich bis Tischer im Kalk und weiter bei Baltischport und auf Rogö in den entsprechenden Kalksandsteinschichten. Nach Osten von Reval an vielen Stellen in gleichem Niveau, bei Joa am Jegelechtschen Wasserfall, bei Wallküll, Neuenhof bei Kolk (Tüllifer), endlich am Glint von Peuthof; in der Umgebung von Petersburg bei Gostilizy (Plautin) und Pawlowsk (Volborth's Sammlung) und am Wolchow bei Archangelskoje, wo auch Uebergänge zum höher gelegenen *P. tecticaudatus* vorkommen.

Auswärtig bisher nur im Geschiebe aus Ostpreussen in der Universitätssammlung von Königsberg, das von Steinhardt und Pompecki beschrieben ist. Meine Conjectur in Bezug auf *Asaphus rimulosus* Ang. bedürfte erst noch weiterer Bestätigung.

***Pseudasaphus* (?) *Mickwitzi* m.**

T. I, F. 11, 12.

Es liegen uns zwei etwas verschiedene, bei Baltischport von A. Mickwitz gefundene Pygidien vor, die ich nach einigen Analogien mit der vorbeschriebenen Art hierher ziehe, obgleich der Umschlag nicht aufgedeckt ist und wir daher nicht sicher sein können, dass wir es überhaupt mit einer zur Gruppe *Ptychopyge* gehörigen Art zu thun haben.

Die Form der Pygidien ist gewölbt, breit gerundet, etwas über einen Halbkreis vorgezogen, etwa $1\frac{1}{2}$ mal so breit wie lang, mit aufgewölbtem Hinterrand wie bei voriger Art, aber die Wölbung der Seitentheile zeigt keinerlei Andeutung eines Randsaums. Beim kleineren Stück ist die Mitte in der Umgebung der Rhachis weniger stark gewölbt als in den steil gewölbten Seitentheilen, beim grösseren geht die Wölbung von der Rhachis gleichmässig abwärts. Die Rhachis ist bei beiden Stücken ziemlich gleich, noch einmal so lang wie breit, wenig über die Seitentheile erhaben und besteht aus etwa 10 Gliedern, die seitliche Anschwellungen wie bei den Verwandten von *As. expansus* zeigen. Bei dem kleinern Stück sind die Glieder wie bei der vorigen Art durch scharfe, in der Mitte vorgewölbte Linien markirt, die übrigens die Dorsalfurchen nicht erreichen. Zwischen ihnen sieht man einzelne Querlinien wie bei der vorigen Art. Auf der innern Hälfte der Seitentheile sieht

man etwa 5 deutlich geschiedene flache und breite Pleuren, die nach aussen zu verschwinden. Bei dem kleineren Stück setzen sich auf diese Pleuren die Trennungslinien der Rhachisglieder auf eine kurze Strecke fort. Weiterhin sind die Pleuren mit einer Reihe von kurzen, schräge gestellten Terrassenlinien besetzt, an die sich andere kurze, nach aussen und etwas nach vorn gerichtete Terrassenlinien anschliessen, die unregelmässig über die Seitentheile vertheilt sind. Bei dem grösseren Exemplar ist die Vertheilung der Terrassenlinien auf den Seitentheilen viel unregelmässiger und eine Fortsetzung der Trennungslinien der Rhachisglieder nicht zu bemerken. Die dreiseitigen Gleitflächen am Vorderrande des Pygidiums verhalten sich ganz wie bei *Pseudas. globifrons*. Die geneigte Gleitfläche ist an der Vorderecke gerundet und zeigt an ihrer Oberfläche nach vorn und aussen gerichtete feine Terrassenlinien ganz wie bei *Pseudas. globifrons*, ähnlich ist auch die gekielte Grenzrippe und die dahinter folgende Furche beschaffen. Der innere Theil der Rippe ist horizontal, entsprechend dem horizontalen Theil der Thoraxpleuren, der äussere nach aussen und hinten geneigt ganz ebenso wie auch bei der vorgenannten Art.

Maasse.

Länge des Pygidiums	23	21
Breite » »	35	30
Länge der Rhachis	20	18
Breite » »	10,5	8,5

Vorkommen. Die beiden einzigen Pygidien sind wie oben erwähnt im Glauconitkalk, B_{2a} , von Baltischport durch Ingenieur A. Mickwitz gefunden worden.

Pseudasaphus tecticaudatus Steinh. sp.

T. II, T. III.

1858. *Ptychopyge* sp. Lawrow. Verhandl. Miner. Ges. p. 147, F. 3, 4.
 1874. *Asaphus tecticaudatus* Steinh. Preuss. Trilobiten p. 26, T. 2, F. 9, 10.
 1884. » » Törnq. Siljan områd. Tril. p. 65, T. 2, F. 21.
 1890. » » Pomp. Ost- und westpreuss. Tril. p. 74, T. 4, F. 10, 11.
 1898. *Ptychopyge tecticaudata* F. Schmidt. Revis. d. ostbalt. silur. Tril. Abth. 5, Lief. 1, p. 32.

Ausserdem führt Pompecki l. c. p. 74 noch die Darstellung eines Schwanzschildes von Burmeister 1848 in Alton und Burm. Zeitschr. für Zoolog. p. 80, T. 1, F. 19 als hierher gehörig an, die mir leider nicht zu Gesicht gekommen ist.

Die *Ptychopyge* sp. bei Lawrow l. c. gehört nach dem Pygidium zu urtheilen ganz bestimmt hierher, wenn die Zeichnung der Anwachsstreifen auch etwas zu stark markirt ist. Der Kopf in Fig. 3 ist weniger bezeichnend, ist aber wegen seiner grossen Augen doch auch wahrscheinlich hierher zu ziehen.

In der ersten Lieferung meiner Asaphiden p. 32 gab ich noch Hoffmann's *As. acuminatus* in Verh. miner. Gesellsch. 1858, p. 48, T. 5, F. 1, als hierher gehörig an, was ich nicht mehr gelten lassen kann. Die Abbildung erinnert an kleine Formen des *Asaph. platyrus* Ang., wie sie nicht selten im Steinbruch von Katlino bei Pawlowsk im Horizont C_{1a} vorkommen. Die Beschreibungen sowohl von Pompecki als von Törnquist l. c. sind so genau und ausführlich, dass ich sie mit Vortheil habe bei meinem ungleich vollständigeren Material benutzen können.

Von *Pseudas. tecticaudatus* liegt uns ein schönes und reichhaltiges Material sowohl aus Estland als aus dem Petersburger Gouvernement vor, wie sich schon aus den zahlreichen hier mitgetheilten Abbildungen ersehen lässt.

Das ganze Thier ist gestreckt, mässig gewölbt, etwa $1\frac{2}{3}$ mal so lang wie breit. Der Kopf etwa halbkreisförmig, breit gerundet, vorn und an den Seiten von einem flachen, nicht scharf abgesetzten Randsaum umgeben, an den Hinterecken in mehr oder weniger ausgezogene Spitzen verlaufend. Die Glabella ist birnförmig, mässig gewölbt, nach vorn mehr vorspringend als bei voriger Art und weniger scharf von den Wangen geschieden. Die hintere Seitenfurche stark ausgeprägt, am Grunde vertieft und hier durch eine flache Depression mit der gegenüberliegenden verbunden; vor ihr finden sich häufig durchscheinende Andeutungen von den beiden vordern Seitenfurchen. An der Ausmündung der Hinterfurche zweigt sich die schwache Dorsalfurche ab, die wenig divergirend die Nackenfurche und den flachen Nackenring schneidend auf die Dorsalfurche des Thorax übergeht. Vom Ende der Hinterfurche der Glabella geht noch eine seichte Furche vertical zum Nackenring nach aussen, von welcher ein wenig deutlich ausgebildeter ovaler Basallobus der Glabella sich meist (T. II F. 1, T. III F. 1) unterscheiden lässt. Hart vor der seichten Nackenfurche erkennt man den kleinen, wenig markirten Nackentuberkel. Die seitliche Fortsetzung der Nackenfurche, die Occipitalfurche, ist tiefer und schärfer ausgeprägt als diese. Die Augen sind sehr gross; ihre Länge ist doppelt so gross als ihr Abstand vom Hinterrand und gleicht fast der Entfernung vom Seitenrand. Die Sehfläche fällt nach hinten steil ab und springt nach vorn vor, so dass der mässig ansteigende, über einen Halbkreis vorgezogene Augendeckel nur wenig über die halbe Länge des ganzen Auges reicht. Die Gesichtslinien haben im Ganzen den Verlauf wie bei voriger Art. Der hintere Zweig verläuft zuerst horizontal und biegt sich dann schräg nach hinten bis zur Nackenfurche, die er in convexem Bogen durchschneidet. Der vordere Zweig steigt steil nach vorn und aussen an, mit weniger starker Ausbuchtung nach aussen als bei voriger Art, und biegt sich dann in der Nähe des Vorderrandes nach innen um, um zuletzt in geschwungener Spitze (en ogive) sich mit dem gegenüberliegenden Zweige zu vereinen. Die Verbindungslinie zwischen den äussersten Punkten der Naht schneidet die Glabella vor

ihrer grössten Breite, während bei voriger Art diese Verbindungslinie die Glabella gerade in ihrer grössten Breite schneidet. Dem entsprechend sind auch die festen Wangen zu den Seiten der Glabella etwas schmaler als bei *P. globifrons*, doch kommen Uebergangsformen vor. Die losen Wangen, die von der Glabella nach aussen stark geneigt sind, gehen an den Hinterecken in feine Spitzen aus, die entweder ganz kurz und divergirend sind oder, wie in T. II, F. 4, sich an den Thorax anlegen und bisweilen bis zum sechsten Gliede reichen. Im Ganzen scheinen die Spitzen bei den älteren Formen kürzer zu sein als bei den jüngeren. Der Umschlag des Kopfes ist scharf und bildet mit dem Randsaum der Oberseite ein flaches Blatt, dessen Ober- und Unterseite allmählig etwas auseinanderweichen, in seiner Mitte zeigt er einen flachbogigen Ausschnitt für das Hypostoma (T. III, F. 6). An den Seiten steigt er, der Oberschaale folgend, bis zu den Augen an. Die Oberfläche ist mit groben Terrassenlinien bedeckt, die bei Exemplaren aus höheren Schichten (C_2) noch abwechselnd feine Zwischenlinien zeigen (T. III, F. 11).

Das Hypostoma (T. III, F. 4—9) ist dem der vorigen Art sehr ähnlich. Es zeigt lange divergierende Gabelspitzen, im Bogen oder in stumpfem Winkel verlaufende Seitenränder, die als ziemlich scharfe, convergirende Kanten bis zum Beginn der Vorderflügel oder bis zum Vorderrand verlaufen. Die Vorderflügel steigen steil an, so dass sie von aussen kaum zu sehn sind. Die F. 5 u. 6 auf T. III zeigt ihre Verbindung mit dem ebenfalls steil ansteigenden Umschlagssaum. Das Mittelstück ist von ungefähr quadratischer Form, mit abgerundeten Ecken. Am Grunde der mässig vertieften Seitenfurche sieht man die vertiefte quergestellte Macula, meist mit bogenförmig erhabenem Rande (T. III, F. 4). Die F. 17 auf T. I in Brögger's *Asaph. Hypost.*, p. 35, die nach dem Verfasser eine unbekannte *Asaphus*-Art von Oeland darstellt, stimmt vollständig zu unsrer Art, die freilich bisher nicht sicher auf Oeland (aber wohl in Darlecarlien nach Törnquist, s. oben) nachgewiesen ist. Nach Brögger l. c. hat Hr. v. Schmalensee die Vermuthung ausgesprochen, dass das beregte Hypostoma zu *Asaph. brachyrhachis* Rem. (*Ptychopyge rimulosa* Ang.) gehören könnte, die wiederum in unsrem Gebiete fehlt. Brögger findet l. c. p. 34 in den Hypostomen von *Ptychopyge aciculata* Ang. und *glabrata* Ang., die beide schräg gestellte Maculae haben (l. c. F. 13, 14), eine Bestätigung seiner Ansicht, dass die schräg gestellten Maculae (oder schräg abgeschnittenen Enden des Hinterlappens, s. S. 33 l. c. oben) überhaupt für die ganze Gattung *Ptychopyge* Ang. charakteristisch seien, womit wir uns nicht einverstanden erklären können, da wie schon aus der allgemeinen Charakteristik der Untergattungen hervorgeht, die Stellung der Maculae innerhalb der ganzen Gattung nach Angelin'scher Auffassung eine sehr verschiedenartige ist.

Der Thorax ist im Allgemeinen von gleichartiger Bildung, wie bei voriger Art. Nur verschmälert sich die Rhachis bei den jüngern Formen merklicher nach hinten zu und die Pleurenenden sind nach hinten zu in schärfere Spitzen ausgezogen, wobei die Spitzen nach hinten zu länger werden und die ganzen Pleurenenden eine mehr säbelförmige, nach hinten gekrümmte Form erhalten. Bei den älteren Formen aus dem Uebergangsgebiet von B_3

zu C_1 finden sich diese ausgezogenen Pleurensitzen noch nicht (T. II, F. 3). Auf der Unterseite der Pleuren verhält sich der Umschlag ganz so wie bei voriger Art; er zeigt ähnliche Pander'sche Organe und einen ähnlichen, nur etwas stärker convexen Innenrand (T. II, F. 2), dem entsprechend zeigen sich in seiner Nähe dem Rande entsprechende gleichlaufende convexe Linien, die nach aussen in schräg nach aussen und hinten verlaufende gerade Linien übergehn. Die Scalptur der Oberfläche des Thorax stimmt ganz mit der bei voriger Art überein. Die Rhachis zeigt mehr oder weniger deutlich die bekannten nach hinten offenen concentrischen Bogenlinien; vom Ende der Diagonalfurche oder schon etwas vor ihr beginnend verläuft am hintern Rande der Gleitfläche eine scharfe Linie bis zur Spitze (kaum eine deutliche Kante, wie bei *globifrons*), von der nach vorn zu schräg nach aussen und vorn, nach hinten zu nach aussen und hinten gerichtete feine Linien ausstrahlen (T. II, F. 1b).

Das Pygidium ist für diese Art besonders charakteristisch; ist sie ja auch zuerst nach einem solchen aufgestellt worden. Es ist der Umriss meist parabolisch, am Ende etwas abgestutzt, etwa $1\frac{1}{3}$ mal so breit wie lang (es kommen aber auch breitere Formen vor), gewölbt, bisweilen, besonders bei Formen von jüngeren Schichten, mit mehr oder weniger breitem Randsaum versehen (T. II, F. 5, 6). Die Rhachis ist wenig über die Seitentheile erhaben; diese fallen entweder gleichmässig von ihr ab, oder es bildet sich zuerst zu beiden Seiten der Rhachis eine abgeflachte Partie, die mit der Rhachis zusammen ein gleichschenkliges Dreieck bildet (T. II, F. 1, 5, 6), damit schon etwas an das Pygidium von *Pt. aciculata* Ang. erinnernd; von dem abgeflachten Dreieck geht die Neigung der Seitentheile entweder gleichmässig zum Rande (T. II, F. 2a, 5, T. III, F. 1, 2) oder sie ist anfangs steiler und flacht sich nachher, wie erwähnt, zu einem mehr oder weniger ausgesprochenem Limbus (T. II, F. 4, 5, 6, T. III, F. 12) ab. Zwischen allen erwähnten Bildungen finden die verschiedensten Uebergänge statt. Es lässt sich nur sagen, dass, wie schon oben erwähnt, die ältesten Formen aus C_{1a} noch weniger Neigung zur Limbusbildung zeigen, als die späteren. Die Rhachis ist von schmal kegelförmiger Form, von wenig vertieften Dorsalfurchen begrenzt; ihre Länge wird um $1\frac{1}{3}$ bis $1\frac{1}{2}$ mal von der Länge des Pygidiums übertroffen; sie zeigt 16 bis 18 scharf geschiedene Glieder, die sich bis zu ihrem abgerundeten Ende unterscheiden lassen; die hinteren sind sehr schmal; beim 5. und 6. Gliede wird die Hälfte der Länge der Rhachis erreicht. Die Glieder sind durch scharf ausgesprochene Terrassenlinien geschieden, die in der Mitte bisweilen eine Ausbuchtung nach vorn zeigen, die ihrerseits bisweilen von zwei schwächeren Ausbuchtungen (T. II, F. 1a) flankirt wird; auf dem mittleren Theil der Oberfläche der vorderen Rhachisglieder treten ausserdem noch 1 bis 2 quergestellte kurze Terrassenlinien hinzu (T. II, F. 1a, T. III, F. 12). Von den erwähnten Scheidungslinien der Glieder setzen sich die 5—7 ersten als stark hervortretende gerade Terrassenlinien auf die Seitentheile nach hinten und aussen fort, wo sie sich scharf umbiegen und als dem Aussenrand des Pygidiums parallele Terrassenlinien bis zum Vorderrand fortsetzen (T. II, F. 1, 1a, 2a, 4, 5, 6, T. III, F. 2,

Textfig. 2). Von den späteren Rhachisgliedern nehmen die erwähnten Terrassenlinien, die vorderen direkt ihre Richtung zum Vorderrand, die hinteren biegen sich am Ende bogenförmig um und verlaufen längs dem Aussenrand; die letzten Linien hinter dem Rhachisende gehen



Fig. 2. Reval C_{1b} .

direkt zum Aussenrande. Zwischen die Hauptlinien schieben sich stellenweise noch sekundäre Zwischenlinien von kürzerem Verlauf ein. Bisweilen, namentlich bei Exemplaren aus Gostilizy, von Plautin gesammelt, treten die Terrassenlinien namentlich in ihrem inneren geraden Verlauf förmlich schuppenartig hervor, so dass wir den Eindruck von übereinandergeschobenen Blättern (T. III, F. 2) erhalten, wie ja auch Lawrow l. c. die Struktur der Schaaale des Pygidiums von *Ptychopyge* förmlich mit der von Austerschaalen vergleicht. Bei fehlender Ober-

schaale (T. III, F. 12) erscheinen die inneren geraden Theile der Terrassenlinien deutlich als gerundete rippenartige Pleuren, die bei Exemplaren aus C_2 auch auf der erhaltenen Oberschaale hervortreten, die auf ihrem Rücken nicht mehr durch bis zum Rande herablaufenden Terrassenlinien, sondern nur durch kurze, kaum zusammenhängende Linien geziert erscheinen, die z. Th. von schrägen, dem Rande parallelen Terrassenlinien gekreuzt werden. Das innere Dreieck in der Umgebung der Rhachis mit den Pleuren bleibt aber doch im ganzen ziemlich frei von dem Rande parallelen Terrassenlinien.

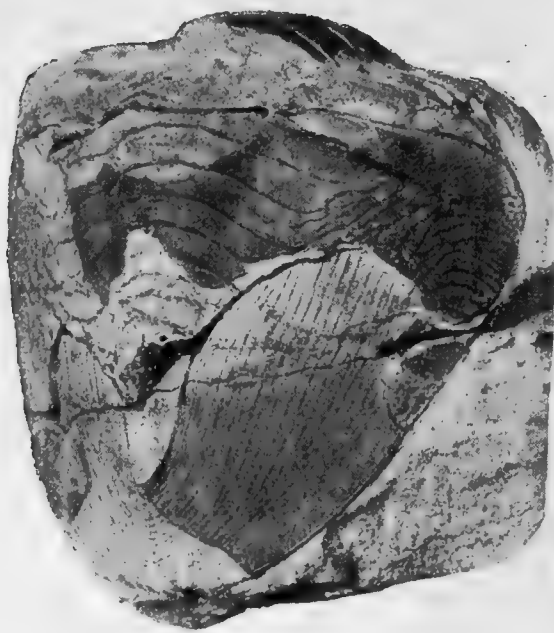


Fig. 3. Aus Reval C_{1b} .

Die dreieckige Gleitfacette an den Vorderecken des Pygidiums, die bei der vorigen Art durch einen scharfen, bis zum Aussenrande verlaufenden Kamm von den übrigen Seitentheilen getrennt war, zeigt bei unsrer Art eine ganz runde Beschaffenheit. Statt des scharfen Kammes und vor ihm der flachen dreiseitigen Facette sehen wir einen dreiseitigen, sich nach dem Rande zu erweiternden und zuletzt sich abflachenden Wulst, der zu ihrer Wölbung nach vorn (T. II, F. 1a) und hinten abfällt; nach hinten zu einer seichten Furche, die vor dem Rande aufhört und hier in eine scharfe, bis zum Rande reichende Linie übergeht; nach vorn fällt der Wulst ebenfalls zu einem ganz schmalen, nach aussen sich erweiternden und verlierenden Randsaum steil ab, so dass die Oberfläche des inneren

Theils des Wulstes von zwei Kanten, vorn und hinten begrenzt ist (Textfig. 3); nach aussen geht der Wulst in eine schwach geneigte, convexe Fläche über, die mit dem Wulst zusammen

die gewölbte dreiseitige Pygidialfacette bildet, deren Oberfläche mit nach vorn und aussen verlaufende Terrassenlinien gekreuzt wird, die die Fortsetzung und Ausstrahlung der Terrassenlinien der Seitentheile bilden. Der Aussenrand der Facette ist vollkommen abgerundet.

Der Umschlag des Pygidiums reicht bis an den hinteren Theil der Rhachis, die er eng umschliesst (T. III, F. 1a), um sich dann nach vorn und aussen zu wenden und jederseits der Rhachis noch ein schmales dreieckiges Feld frei zu lassen. Er ist mit weit abstehenden (4—8 auf 8 mm.), ziemlich groben Terrassenlinien bedeckt. Bei grossen Exemplaren aus C_2 (T. III, F. 12) bemerke ich etwas feinere Linien (8—10 auf 5 mm.), die sich z. Th. verästeln und zwischen sich noch feine schräg quer verlaufende Linien sehen lassen, doch ist das kein durchgehendes Kennzeichen, da in gleichem Niveau auch die gewöhnliche Beschaffenheit vorkommt.

Variationen und Beziehungen zu anderen Arten.

In der vorstehenden Beschreibung ist wiederholt auf Variationen bei verschiedenen Theilen unserer Art hingewiesen worden, namentlich haben wir alle möglichen Uebergänge von regelmässigem, seitlichem Abfall der Seitentheile des Pygidiums bis zur vollständigen Bildung eines ausgehöhlten Randsaums zu verzeichnen. Im Ganzen ist die Limbusbildung im höchsten Niveau des Vorkommens unsrer Art in C_2 stärker verbreitet, es kommt aber schon in C_{1a} vor, wie das grosse Exemplar von Dubowiki (T. II, F. 4) lehrt. Die Stücke aus C_2 zeigen, ausserdem bisweilen eine stärkere Ausbildung der Pleuren des Pygidiums als Rippen und ein Zurücktreten der schuppenartigen Ausbildung der Terrassenlinien, wie bei den Exemplaren von Gostilzy. Bei dem grossen Mittelschilde des Kopfes in F. 10 auf T. III sehen wir eine starke Ausbildung der Dorsalfurchen hinter den Augen, die in älteren Stücken nicht bemerkt wurde. Im Ganzen genügen aber diese Variationen nach oben bisher nicht um als besondere Varietäten oder Unterarten hervorgehoben werden zu können. Unsere Art beschliesst eben ihr Dasein vollkommen in C_2 und wir sehen kein Bestreben von Umbildung zu andere Formen. Die ostpreussischen Geschiebe-Exemplare, die Pompecki beschrieben hat, stimmen ganz vollständig mit den unseren überein, daher sie wohl sicher aus unserem Gebiet herzuleiten sind. In der Abbildung der Exemplare von Dalarne bei Törnquist l. c. finde ich eine z. Th. grössere Zahl von kleinen Querlinien auf den Rhachisgliedern des Pygidiums, als sie bei uns vorkommen, was wohl von localer Variation abhängt; eine etwas verschiedene Darstellung der Pygidialfacette bei Törnquist dürfte wohl durch Unvollständigkeit des benutzten Exemplares zu erklären sein. Anders stehen aber die Beziehungen zu älteren Formen. Wir haben schon früher darauf hingewiesen, dass unsere Art sich augenscheinlich aus der in B_{2b} vorkommenden *Ps. globifrons* Eichw. hervorgebildet hat und haben auch eine Uebergangsform (F. 4 auf T. 1) erwähnt.

Hier wollen wir nun eine wirkliche Zwischenform beschreiben, die wir als

Pseudasaphus tecticaudatus var. **praecurrens** m.

T. II, F. 3.

bezeichnen, obgleich sie ebenso gut wie das Stück T. I, F. 4 von Reval noch zu *P. globifrons* gerechnet werden könnte. Die vollständigsten Stücke dieser Uebergangsvarietät stammen aus den Mergeln von Archangelskoje am Wolchow, in denen auch sonst Formen aus dem Grenzgebiete von *B_{3b}* und *C_{1a}* gefunden worden sind, wie *Asaphus Eichwaldi* m. und *Isotelus* (?) *Stacyi* m. In der allgemeinen Form erinnert sie am meisten an *Ps. globifrons* und namentlich an die oben beschriebene Varietät von Reval durch die Form der Glabella und der Gesichtsnähte, sowie die schwache Nackenfurche. Mit *P. globifrons* stimmen auch die scharfen, nicht ausgezogenen Hinterecken des Kopfschildes und die wenig nach hinten an Breite abnehmenden Rhachisglieder des Thorax; auch die Pleuren zeigen den diagonalen Kiel bis zu ihrem Ende fortgesetzt und sie enden schräg abgestutzt und nicht säbelförmig mit ausgezogener Spitze. Das Pygidium zeigt gemischte Charaktere. Es ist weniger parabolisch vorgezogen, als meist bei *P. tecticaudatus*, die Rhachis ragt nicht über die Seitentheile hervor, wie bei letzterer Art, sondern erscheint eingesenkt und von deutlich markirten Dorsalfurchen begrenzt, wie bei *globifrons*. Die Rhachisglieder, ca. 15 an Zahl, sind durch scharfe Linien getrennt, die in der Mitte eine Ausbuchtung nach vorn zeigen; auf den nach der Rhachis zu abgeflachten Seitentheilen sieht man die nach aussen und hinten gerichteten, als mässig starke Terrassenlinien ausgebildeten Trennungslinien der Rhachisglieder sich eine Strecke fortsetzen und dann zu den Vorderrändern parallelen Terrassenlinien sich umbiegen, wie bei *P. tecticaudatus*, mit dem auch die auf den vordern Rhachisgliedern auftretenden kurzen Querlinien übereinstimmen. Die Terrassenlinien sind aber häufiger unterbrochen (sowohl in ihrem inneren geraden, als in ihrem äussern bogenförmigen Verlauf) und ähneln darin wieder dem *P. globifrons*. Zu diesem stimmt auch die scharf dreiseitige Pygidialfacette mit ihrem scharfen Kamm, der sich bis an den Aussenrand verfolgen lässt.

Von gleichzeitigen Arten der Gattung *Pseudasaphus* steht unser *P. tecticaudatus* in nächster Beziehung zu *Ptychopyge aciculata* Ang., die augenscheinlich mit *Ptychopyge undulata* Steinh. identisch ist, wie sich aus der Vergleichung der ganzen Form und der dichten feinen Sculptur leicht ergibt. Sie fehlt unsrem Gebiet ganz, vertritt aber unsre Art auf Oeland und kommt in Dalarne¹⁾, sowie in preussischen Geschieben mit ihr zusammen vor. Die feine Oberflächensculptur und die durchgehend abgeflachte Form des allein bekannten Pygidiums bieten gute Unterscheidungskennzeichen. Die gewölbte, vorn abgerundete Pygidialfacette mit dahinter folgender abgerundeter Rippe stimmt sehr gut zu unsrer Art, wie auch der allgemeine Charakter der nur viel feineren Oberflächensculptur.

1) Von hier habe ich Exemplare von Kårgårde | Törnquist beschriebene Form scheint auch identisch.
durch G. Holm und die von hier als *P. undulata* von |

Die andere auf Oeland in gleichem Niveau vorkommende (ebenfalls nur das Pygidium bekannt), wohl auch zu gleicher Gattung gehörige Art, *P. rimulosus* Ang. sp. (*Asaphus brachyrhachis* Rem.) unterscheidet sich wesentlich durch ihre flache breitrandige Form und ihre kurze Rhachis. Das bei Brögger *Asaph. hypost.* T. I, F. 17 abgebildete Hypostoma gehört nach v. Schmalensee hierher, doch könnte es, wie oben erwähnt, ebenso gut dem bisher auf Oeland nicht nachgewiesenen *P. tecticaudatus* angehören.

Maasse in mm.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Ganze Länge	123	99	98	—	66	—	107	—	—	—
Länge des Kopfes	43	27	33	60	22	28	34	—	—	49
Breite » »	70	—	53	—	—	50	—	—	—	—
Länge der Glabella	29	21	21	45	—	22	24	—	—	30
Breite » »	24	18	16	36	13,5	15,5	—	—	—	—
Länge des Hypostoma	—	—	—	—	—	—	—	110	56	27
Breite » »	—	—	—	—	—	—	—	87	49	19
Breite des Thorax	62	52	49	—	35	48,5	—	—	—	—
Länge » »	56	33	27	—	24	30	35	—	—	—
Breite des Rhachis vorn . . .	20	17	17	—	13	17	18	—	—	—
» » » hinten . . .	16	15	13	—	11	15,5	15	—	—	—
Länge des Pygidiums	47	37	37	—	26	—	34	—	—	—
Breite » »	65	47	47	—	36	—	52	—	—	—
Länge des Rhachis	30	29	26	—	18	—	29	—	—	—
Breite » »	15	13	12	—	9	—	14	—	—	—

№ 1 ist das grosse Exemplar (T. II, F. 4) von Dubowiki (C_{1a}) mit breit gerundetem Pygidium, № 2 stammt von C_{1a} aus Peuthof (T. II, F. 2), ebendaher № 5, № 3 ist das schöne Exemplar (T. II, F. 1) von Reval (C_{1b}), № 4 ein grosses Mittelschild des Kopfes von Kuckers (C_2), № 6 ist die Uebergangsform von *P. globifrons* (T. I, F. 4) von Reval (B_{3b}), № 7 die var. *praecurrens* (T. II, F. 3), von Archangelskoje am Wolchow ($B_{3b}—C_{1a}$), № 8 das grosse in T. III, F. 4 abgebildete Hypostoma von Tischer bei Reval (C_{1b}); das zugehörige ganze Exemplar muss eine Länge von über 300 mm. erreicht haben, № 9 ist ein Hypostoma von Archangelskoje und № 10 ein Kopfschild mit Hypostoma von Gostilizy (C_{1b}), aus der Plautin'schen Sammlung.

Vorkommen. *Pseudas. tecticaudatus* ist in unsrem ganzen Gebiet vom Wolchow bis Odensholm in den Stufen von C_{1a} bis C_2 verbreitet. Am Wolchow kommt er, wie schon erwähnt, bei Dubowiki und Archangelskoje in C_{1a} vor; in der nämlichen Stufe bei Katlino unweit Pawlowsk, weiter in schöner Ausbildung in der nämlichen Schicht bei Ropscha und

Gostilizy nach Lawrow's und Plautin's Sammlungen. In Estland ebenfalls in C_{1a} oben am Glint bei Peuthof und Chudleigh, in C_2 bei Kuckers, in C_{1b} — C_2 bei Isenhof, wiederum in C_2 unter der Jeweschen Stufe bei Kawast, auf dem Laaksberge bei Reval in C_{1b} und in der Uebergangsstufe zu C_2 , ebenso bei Tischer in C_{1b} , bei Baltischport in C_{1a} und in C_2 bei Kossa, endlich in C_{1b} auf Odensholm. Auswärts anstehend im obern rothen und grauen Orthocerenkalk von Dalarne, vielleicht auch auf Oeland, wenn, wie ich vermuthe, das T. I, F. 17 von Brögger *Asaph. hypost.* abgebildete Hypostoma hierher gehört, endlich auch als Geschiebe bei Berlin nach Remel und besonders in Ost-Preussen nach Steinhardt und Pompecki. Auch in Norwegen vermuthe ich das Vorkommen unsrer Art in der noch nicht vollständig durchgearbeiteten Etage 4.

Die var. *pracurrens* findet sich, wie schon oben erwähnt, in dem Grenzgebiet von B_{3b} und C_{1a} bei Reval Peuthof und Archangelskoje am Wolchow.

Subgen. *Basilicus* Salt.

T. IV, T. V, F. 1, 2, 3.

Das Subgenus *Basilicus* wurde von Salter bereits 1849 (Mem. Geol. surv. Fig. and descript. Dec. II, t. 5) auf Grundlage von *Asaphus tyrannus* Murch. aufgestellt und später in den Schriften der Palaeontographical soc. für 1866, Monogr. Brit. trilobites p. 146 näher begründet. Seine Diagnose lautet: Flatened and expanded forms, with rather broad axis; elevate glabella reaching far up the head, with only obscure lobes, the basal part most conspicuous; approximate depressed eyes, angular or even pointed tips to the pleurae; tail with many ribs on axis and limb; facial suture marginal in front; hypostome entire. Labrum deeply lobed.

Unsre oben (p. 3) mitgetheilte vorzüglich auf unsre einheimischen Arten gegründete Diagnose zeigt gegenüber der ursprünglichen Salter'schen mancherlei Ergänzungen und Verbesserungen. Die Gesichtsnähte sind bei unsern Arten nicht randlich, wenn auch dem Rande genähert, der Umschlag (*hypostoma* bei Salter) ist, wie bei allen Asaphiden, durch eine Verticalnaht getheilt. Dafür kommt als wichtiges Gruppenkennzeichen das wahre Hypostoma hinzu mit seinem rundlichen nach vorn verjüngten Mittelkörper und den charakteristischen geradlinigen Rippen am Grunde der Maculae. Eine Eigenthümlichkeit unsrer Gattung bildet noch ein bei einem Theil der Arten (*B. Lawrowi*) deutlich sichtbares Knie (T. IV, F. 5) am innern Verlauf der Pleuren, das mit einer Anschwellung derselben und einer von da an beginnenden stärkeren Neigung nach aussen zusammenhängt. Die beiderseitigen Kniepunkte bilden convergirende gerade Linien, die von der Mitte des Vorderandes gegen das Ende des Rhachis zu verlaufen und die Grenze des Pygidiumumschlages angeben. Etwas Aehnliches kommt auch bei *Ptychopyge Pahleni* vor, die wir der Gruppe P. sens. strict. angeschlossen haben.

Unsre drei hierher gehörigen Arten *B. Lawrowi* m., *B. kuckersiana* m. (namentlich die beiden ersten) und *kegelensis* m. liefern ein schönes Material zur weiterer Illustrierung der Gattung, wie sich aus ihrer nachfolgenden Beschreibung ergeben wird. Sie beginnen mit der Stufe C_{1a} und reichen bis D_2 , wo *B. kegelensis* noch mit der letzten ächten *Asaphus*-Art *A. ludibundus* mut. *kegelensis* zusammen vorkommt.

In England hat Salter in seiner oben citirten Trilobiten-Monographie mehrere Arten zum Subgen. *Basilicus* gebracht. Ausser den typischen Formen *As. tyrannus* Murch., *pelastastes* Salt., *Marstoni* Salt. und *Powisii* Murch. werden noch *A. radiatus* Salt., *hybridus* und *laticostatus* M. Coy hierher gebracht. Dem allgemeinen Habitus nach ähneln namentlich die beiden erstgenannten Arten unserer hierher geführten Arten dermaassen, dass ich nicht angestanden habe auch letztere mit den erstgenannten unter dem Namen *Basilicus* Salt. zu vereinigen, obgleich sich bei näherem Eingehn auf die Darstellung der Englischen Arten auch einige Unterschiede ergaben. Die vorderen Zweige der Gesichtsnäht verlaufen bei den letzteren am Rande des Kopfschildes selbst (oder hart an demselben, was aus der Darstellung nicht ersichtlich ist), die Rippen am Grunde der Maculae erscheinen nach der Beschreibung nicht so bestimmt geradlinig (im Texte heisst es p. 150 nur: minute transverse ovate tubercles), obgleich die Abbildung sich ganz wohl mit unsern Formen vereinigen lässt. Bei *As. Powisii* erscheint die Gesamtform noch stärker abweichend.

Die beiden böhmischen Arten *As. nobilis* Barr. und *ingens* Barr. aus der Etage *D* passen vortrefflich zu unsrer Auffassung von *Basilicus*. Namentlich stimmen die jüngeren Formen des erstgenannten (s. T. 31, F. 3, 4 in Barrande's Hauptwerk), an denen man den Verlauf der Gesichtslinien verfolgen kann, gut zu unsern Arten. Ebenso passen die Pygidien F. 4 und 5 trefflich zu unsern Formen. Das Hypostoma von *A. nobilis* (Barr. l. c. T. 32, F. 6) zeigt auch Uebereinstimmung in Form des Mittelkörpers und in den geradlinigen divergirenden Rippen am Grunde desselben.

Von schwedischen Arten können wir einstweilen mit einiger Sicherheit hierher ziehen nur *Niobe lata* Ang. (Pal. scand. T. 10, F. 14) aus der Stufe *D* Westgötlands, die Brögger *As. hypost.* p. 38 zu *As. trinucleorum* umbenannt hat. Das von Brögger l. c. T. I, F. 16 abgebildete Hypostoma gehört ganz unstreitig hierher, ebenso stimmt auch die Form der Glabella, der Verlauf der dem Rande genäherten Gesichtslinien und das Pygidium der Angelin'schen Figur. Wahrscheinlich gehört auch *Ptychopyge applanata* Ang. aus Stufe *C* vom Kinnekalle (T. 27, F. 6) hierher, die schon Eichwald in der Leth. ross. anc. per. p. 1469¹⁾ mit Stücken aus Odensholm, die zu unsrer *Ptychopyge (Basilicus) Lawrowi* gehören, in Verbindung gebracht hat. Aus dem Orthocerenkalk von Fågelsång in Schonen bildet Angelin drei nahe verwandte Pygidien *Ptychopyge elliptica* (T. 30, F. 3), *P. multivadiata* (T. 30, F. 4) und *P. media* (T. 32, F. 3) ab, die ebenfalls an unsre Formen erinnern, aber ohne das Kopfschild schwer sicher zu deuten sind. Die mit den genannten Pygidien

1) Die anderen von Eichwald angeführten *Ptychopyge*-Arten unsres Gebiets sind ausser *P. globifrons* | ohne Beleg.

zugleich aus der nämlichen Localität dargestellte *Ptychop. lata* Ang. (l. c. p. 55, T. 31, F. 1) ist nach Bildung des Kopfes und namentlich nach dem Verlauf der Gesichtslinien wohl sicher kein *Basilicus*, sondern eine echte *Ptychopyge* sens. str. Die Gruppe *Basilicus* stellt sich nach dem uns vorliegenden Material als eine recht natürliche dar. Schon ihr meist flacher blattartiger Habitus (der ursprünglich mit der dünnen Schaaie zusammenhängt) fällt in die Augen und die typische Beschaffenheit des Hypostoma liefert ein sicheres Kennzeichen. Von andern Gruppen kann bei unvollständigen Exemplaren am ehesten eine Verwechslung mit *Ptychopyge* sens. str. stattfinden, besonders bei Pygidien, wo die ähnliche flache, nicht geneigte, wenig ausgesprochene Form der Gleitfläche, die gerundeten Pleurenfalten und der weit ausgedehnte Umschlag, der fast die ganze Unterseite bis zur Rhachis (mit Ausnahme eines ganz schmalen Streifens ganz vorn) bedeckt, Uebereinstimmungspunkte liefern. Auch der Thorax ist abgesehen von seiner flachen Form ähnlich gebildet, die Pleuren sind meist in lange Spitzen ausgezogen, aber die Furche nicht begrenzt, wie bei *Ptychopyge* sens. str., sondern ebenfalls in eine feine Spitze verlaufend. Der Umschlag geht nach innen nicht wie bei letztgenannter Gruppe in einen spitzen Vorsprung aus, sondern endet in einem abgerundeten vorspringenden Bogen (T. IV, F. 6, 8); die Pander'schen Organe erscheinen als ganz kleine spitze Tuberkel (T. IV, F. 6, 8), mit schwer wahrnehmbarer feiner Oeffnung auf der hinteren Seite.

Verticale und horizontale Verbreitung der Arten.

	C ₁	C ₂	D ₁	D ₂	Peters- burger Gouv.	Est- land.	Auswärts.
<i>Basilicus Lawrowi</i>	+	—	—	—	+	+	Preuss. Geschiebe. In Schwe- den, vergl. <i>Pt. applanata</i> .
» <i>kuckersiana</i>	—	+	—	—	—	+	—
» <i>kegelensis</i>	—	—	—	+	—	+	—

Unterscheidende Kennzeichen der Arten.

1. Gesichtslinien randlich, laufen in eine freie Spitze (en ogive) aus. Pygidium über einen Halbkreis vorgezogen. Pleuren 6—7. Inneres Feld der Seitentheile meist deutlich.

Basilicus Lawrowi m. C_{1a}, C_{1b}.

Gesichtslinien treffen in stumpfer Spitze zusammen. Pleuren des Pygidiums 7—8. Inneres Feld der Seitentheile kaum vorhanden. 2.

2. Nackentuberkel fein. Abstand der vordern Zweige der Gesichtslinien von einander gleich der Länge des Kopfschildes. Pygidium halbkreisförmig. *B. kuckersianus* m. C₂.

Nackentuberkel stark, rundlich. Abstand der vordern Zweige der Gesichtslinien etwa gleich dem Abstände der Nackenfurche vom Vorderrand. Pygidium über einen Halbkreis vorgezogen, stumpf dreieckig. *B. kegelensis* m. D₂.

Basilicus Lawrowi m.

T. IV, F. 1—7.

1858. *Ptychopyge* sp. Lawrow. Verh. Miner. Ges. p. 147, F. 1, 2.
 1890. *Asaphus* (*Ptychopyge*) sp. Pompecki. Trilob. ost- u. westpreuss. Geschiebe p. 73, T. 5, F. 4.
 1898. *Ptychopyge Lawrowi* F. Schmidt. Revis. d. ost-balt. Tril. V, Lief. 1, p. 31, F. 7.
 » » in Mém. de l'acad. impér. St.-Petersb. VIII, suppl. VI, № 11.

Dem vorstehenden Litteraturverzeichniss möchte ich noch die *Ptychopyge applanata* Angel. nach Eichw. Leth. ross. anc. pr. p. 1469 beifügen. Das in der Sammlung vorhandene Exemplar von Odensholm stimmt gut zu unsrer Art, ob aber die Angelin'sche Art (Palaeont. scand. T. 27, F. 6) wirklich mit unsrer Art identisch ist, wage ich nicht zu entscheiden, da das Originalexemplar von Angelin in der Stockholmer Sammlung nicht vorhanden ist. Die Wahrscheinlichkeit spricht allerdings dafür.

Von unsrer Art liegt uns ein reichhaltiges Material von vollständigen Exemplaren in der Plautin'schen Sammlung von Gostilizy vor, zu der noch zahlreiche Pygidien aus den Glintschichten von Estland kommen. Das ganze Thier ist von oblonger Form, etwa $1\frac{1}{2}$ mal so lang wie breit, sehr flach gewölbt, fast blattartig, augenscheinlich sehr dünnschalig und erscheint daher meist noch flacher gedrückt als es normal sein sollte, da einzelne unter günstigen Umständen erhaltene Exemplare eine stärkere Wölbung verschiedener Theile der Schaafe zeigen. Der Kopf ist etwa halbkreisförmig, etwas mehr als 2 mal so breit wie lang, vorn breit abgerundet, in den Hinterecken in der Längsachse parallele oder etwas divergirende Stacheln ausgezogen, die bis etwa zum 4-ten Leibesgliede reichen. Längs dem ganzen Vorderrande verläuft ein breiter, flacher oder etwas convexer Randsaum, der meist nur schwach abgesetzt ist. Die Glabella ist birnförmig, bisweilen vorn abgestutzt, ganz flach gewölbt, länger als breit, die hinterste Seitenfurche nach hinten gewandt, etwas vertieft; vor ihr bisweilen noch Andeutungen von andern Seitenfurchen. Vor dem Beginn der hintern Furche zweigt sich die ganz schwach angedeutete Dorsalfurche ab, sie verläuft geradlinig und vertical zum flachen Nackenring, den sie deutlich schneidet um in die Dorsalfurche des Thorax überzugehn. Zwischen ihr und der hintern Seitenfurche erkennt man die schwache Andeutung eines Basallobus. Die Nackenfurche ist ganz schwach angedeutet, vor ihr erkennt man den ganz feinen Nackentuberkel. Die Occipitalfurchen sind deutlicher als die Nackenfurche und setzen sich bis auf die halbe Entfernung von den Hinterecken fort. Die Augen sind klein, reichen bis hart an die Occipitalfurchen und sind vom Hinterrande kaum um die Hälfte ihrer Länge, vom Vorderrande um das Doppelte derselben entfernt; sie sind stumpf kegelförmig, der Augendeckel ansteigend, fast kreisförmig. Der hintere Zweig der Gesichtslinien verläuft zunächst horizontal längs dem vordern Rande der Occipitalfurche, schneidet dann diese in schräger Richtung nach hinten und aussen und schneidet zuletzt den Occipitalring in der

nämlichen Richtung. Der vordere Zweig wendet sich vom Auge zunächst fast geradlinig oder in leicht convexem Bogen nach aussen und vorn (F. 1) bis in die Nähe des Vorderrandes, biegt sich dann hier in steilem Bogen um und verbindet sich in der Mitte des Vorderrandes in vorgezogener Spitze (en ogive) mit dem gegenüberliegenden Zweige. Die grösste Entfernung der gegenüberliegenden Bogenstücke entspricht etwa dem Vorderrande der Glabella und beträgt mehr als die Länge der Glabella selbst und reichlich das Anderthalbfache der Breite derselben. Dementsprechend beträgt die Breite der festen Wangen am Vorderrande der Glabella etwa das Doppelte ihrer Breite zwischen den Augen. Die Oberfläche des Kopfes der Hauptform ist durchaus glatt, ohne jegliche Ornamente, nur am Augendeckel bemerke ich deutliche feine Terrassenlinien und ein paar solche verlaufen längs dem Vorderrande.

Der Umschlag ist entsprechend dem flachen Rande scharf, auf seiner Fläche etwas gewölbt und mit groben Terrassenlinien bedeckt. In der Mitte zeigt er einen bogenförmigen Ausschnitt für das Hypostoma.

Das Hypostoma habe ich bei keinem Exemplar vollständig herauspräparieren können, doch konnte ich die charakteristischen geraden divergierenden Rippen am Grunde der Maculae in Fig. 4 darstellen. An einem Abdruck war auch der nach vorn verjüngte Mittelkörper mit der bis zu seinem Vorderrande reichenden Seitenkante und die kurzen Vorder-



Fig. 4. Von Gostilizy C_{1a} .

flügel zu sehn. Meine Darstellung des Hypostoma von *Basilicus* beruht vorwiegend auf dem Material der nächsten, nahe verwandten Art, *B. kuckersianus* m.

Der Thorax ist breit und flach, die Dorsalfurchen wenig vertieft, die Rhachis wenig erhaben, schmaler als die Pleuren. Die einzelnen Glieder flach, mit wenig vertiefter Gelenkfurche, die Oberfläche mit deutlichen concentrischen bogenförmigen Terrassenlinien bedeckt. Die Pleuren flach, säbelförmig, allmählig nach aussen geneigt, ohne deutliches Knie im Fulcrum, dessen Abstand von der Dorsalfurche kaum $\frac{1}{3}$ der Pleurenlänge ausmacht. Die Diagonalfurche deutlich vertieft, verliert sich allmählig nach aussen, etwa in der halben Länge der Pleure. Vom erhabenen Vorderrande derselben lässt sich auf den vordern Pleuren noch ein leichter Kamm bis zur Spitze verfolgen. Dieser Kamm wird durch 1 oder 2 Längslinien bezeichnet, von denen feine Terrassenlinien einerseits nach vorn und aussen, anderseits nach hinten und aussen ausstrahlen; auf den hintern Pleuren (Textfig. 4)

fehlt dieser Kamm vollständig und wir sehen vom Ende der Diagonalfurche an nur noch eine Reihe von nach innen convexen Bogenlinien sich bis zur Spitzen der Pleuren erstrecken.

Der Umschlag der Pleuren zeigt in seinem innern Theil die hier als ganz kleine, oben durchbohrte Höckerchen erscheinenden Pander'schen Organe (F. 6); der innere Saum des Umschlages ist gerundet vorspringend convex (F. 6), mit dem Rande parallelen feinen Terrassenlinien, die nach dem Ende der Pleuren zu eine schräg nach aussen und hinten gewandte Richtung annehmen.

Das **Pygidium** flach gewölbt, etwas über einen Halbkreis vorgezogen, breit abgerundet oder etwas vorgezogen, mit breitem meist nicht scharf abgesetztem flachem Randsaum. Die Rhachis konisch, ziemlich spitz endend oder sogar mit etwas aufgeworfener Spitze, deutlich über die Seitentheile erhoben. Die einzelnen Glieder, 12—14 an der Zahl, durch scharfe Querrippen geschieden, die zum Theil in der Mitte nach vorn ausgebuchtet sind. Von den ersten 6—7 Ringen gehen schmale gewölbte Pleuren-Rippen aus, die bis zum Beginn des Randsaums reichen. Die vordern Rippen sind nach vorn convex-bogenförmig und stehn in direkter Verbindung mit den entsprechenden Rhachisgliedern, die hintern 2—3 lassen die Verbindung nicht mehr erkennen und verlaufen ganz gerade schräg nach hinten und aussen gewandt. In einiger Entfernung von der Rhachis lässt sich ein schwaches Knie an den Pleuren erkennen (F. 5, 7), dem eine geringe Anschwellung an denselben entspricht. Die Kniepunkte beider Seitentheile bilden zwei convergirende gerade Linien, die etwa von der Mitte des Vorderrandes des Pygidiums bis zum 7-ten Rhachisringe reichen und zu beiden Seiten der Rhachis ein spitzes dreieckiges Feld abschneiden, das ziemlich genau mit der Grenze des Umschlages übereinstimmt. Bei wohlerhaltenen Exemplaren (F. 5), welche die Wölbungsverhältnisse erhalten zeigen, erkennt man, dass auf der Oberschaale die von den Knielinien eingeschlossenen dreieckigen Felder fast horizontal zu beiden Seiten der Rhachis liegen, während von den Knielinien eine stärkere bis zum Rande oder dem Randsaum reichende Neigung beginnt. Die meisten, wie oben erwähnt, abgeflachten Exemplare zeigen eine gleichmässige schwache Neigung bis zum Rande. Der Randsaum erscheint bisweilen stärker abgesetzt und ganz flach, gegenüber der schwachen Neigung der innern Seitentheile. Der Vorderrand des Pygidiums zeigt abgerundete Ecken und abgeflachte, kaum geneigte Gleitfurchen, die bisweilen am Beginn der Knielinie eine schwache Kante erkennen lassen, innerhalb deren der bisher etwas geneigte Vorderrand horizontal wird und dem innern Theil der Thoraxpleuren bis zum Fulcrum entspricht. Nach hinten fallen die Gelenkflächen steil zur ersten Seitenfurche ab, die, wie die übrigen, nur bis zum Randsaum reicht.

Die Oberfläche der Seitentheile zeigt dichtere oder lockerer gestellte Terrassenlinien, welche die Rippen kreuzen und längs dem Randsaum verlaufen.

Der **Umschlag** (F. 6) zeigt ziemlich grobe Terrassenlinien, etwa 6—7 auf 5 mm., umgiebt genau das hintere Ende der Rhachis und biegt sich dann entsprechend den Knielinien in gewellter Linie zum Vorderrande.

Maasse in mm.

Ganze Länge	84	80	—	17	—	—	—
Länge des Kopfes	28	25,5	25	15	—	—	—
Breite » »	—	—	55	33,5	—	—	—
Länge der Glabella	18,5	18	17	11	—	—	—
Breite » »	13	13	13	8,5	—	—	—
Grösster Abstand der Gesichtslinien von einander	—	23	21	13	—	—	—
Länge des Thorax	—	30	—	17,5	—	—	—
Breite » »	—	—	53	30	—	—	—
Breite der Rhachis vorn	—	15	15,5	9	—	—	—
» » » hinten	—	—	—	7	—	—	—
Länge des Pygidiums	32	27	—	14	11	10	11
Breite » »	—	44	—	25	16	18	18
Länge der Rhachis	25	20,5	—	11	7	7	8
Breite » » vorn	11,5	11	—	6	4	4	4,5

Vorkommen. *Basilicus Lawrowi* kommt bei uns ausschliesslich in der Echinospaeriten-schicht C_1 und zwar in den beiden Abtheilungen derselben C_{1a} und C_{1b} vor, vorzugsweise aber in der ersten. Am meisten ist die Art ausgebeutet worden von ihrem Entdecker Lawrow bei Ropscha und später von Plautin in dem nahegelegenen Gostilizy. Von diesen Punkten stammen auch die meisten ganzen Exemplare. Später hat allerdings Lamanski ganze Exemplare im gleichen Niveau auch in Dubowiki am Wolchow gefunden. Aus Estland kennen mir nur Pygidien und zwar aus Reval sowohl als aus Baltischport und besonders aus Odensholm, von wo schon Exemplare von Ulprecht (Mus. Jurjew) und Eichwald vorliegen. Auswärts ist unsre Art von Pompecki aus Geschieben von Königsberg nachgewiesen worden und die *Ptychopyge applanata* Ang. von Kinnekülle in Schweden stellt eine mindestens sehr nahe stehende Form dar.

Basilicus kuckersianus m.

T. IV, F. 8—14.

1858. *Asaphus tyrannus* F. Schmidt. Unters. sil. Form Estl. p. 186.1898. *Ptychopyge kuckersiana* F. Schmidt. Revis. d. ostbalt. silur. Tril. V, Lief. 1, p. 32, F. 1.

Es hat mich gefreut, dass ich vor einigen vierzig Jahren unsre Art, von der damals nur ein Paar Pygidien vorhanden waren, schon richtig an *Asaphus tyrannus* Murch. angeschossen habe. Jetzt liegt mir aus dem Kuckerschen Brandschiefer schon mehr Material

vor: ein schönes grosses ganzes Exemplar (F. 8) von der Unterseite, von dem leider das wohlerhaltene und in situ vorhanden gewesene Hypostoma verloren gegangen ist, ein kleines ganzes Exemplar (F. 10) von der Oberseite, ein schönes Mittelschild des Kopfes (F. 9) und endlich mehrere Hypostomen und Pygidien. Darnach lässt sich schon eine ziemlich ausreichende Beschreibung geben.

Das ganze Thier ist oblong, etwa $1\frac{1}{2}$ mal so lang wie breit, flach gewölbt, dünn-schaalig.

Der Kopf halbkreisförmig bis stumpf dreieckig, vorn von einem flachen Saum umgeben, die Hinterecken in spitze Hörner ausgezogen.

Die Glabella ist oblong-leierförmig vorn abgerundet, flach gewölbt. Die hintern Seitenfurchen deutlich convergirend, schwach vertieft. Vor ihnen auch schwache Andeutungen der vordern Seitenfurchen. Die Dorsalfurchen divergiren etwas hinter der Ausmündung der hintern Seitenfurchen und durchschneiden dann den flachen Nackenring, der Andeutungen von zwei flachen Tuberkeln zeigt. Sie begrenzen von aussen den deutlich dreiseitigen Basallobus der Glabella. Die Nackenfurche ist, wenigstens im Steinkern, deutlich. Vor ihr der ganz feine Nackentuberkel. Die Occipitalfurchen, wie gewöhnlich, schärfer ausgebildet als die Nackenfurche. Die Augen erscheinen verhältnissmässig klein. Ihr Abstand vom Hinterrand ist kleiner als ihr Durchmesser, der fast dreimal kleiner ist als ihr Abstand vom Vorderrand. Der hintere Zweig der Gesichtslinien scheint einen ähnlichen Verlauf zu haben wie bei der vorigen Art, die vordern Zweige wenden sich stark divergirend nach aussen und vorn und biegen sich dann in einem stark convexen Bogen nach innen um, um sich in stumpfer Spitze (nicht en ogive) am Vorderrande zu berühren. Der Abstand der äussersten Punkte der Linien kommt der ganzen Länge der Glabella gleich und die festen Wangen in den Seiten der Glabella sind dementsprechend stärker verbreitert als bei voriger Art. Vom vordern Theil der Glabella geht eine bogenförmige Linie bis zum Hinterrand des Kopfes, die der Grenze des Umschlags entspricht. In Fig. 9 erscheint ein Theil dieser Linie als erhabener bogenförmiger Wulst zwischen Glabella und Auge. Der breite Umschlag des Kopfes erscheint vollständig in F. 8. Am Vorderrand erscheint er etwas erhaben entsprechend der etwas ausgehöhlten Form des Randsaums. Die Oberfläche des Kopfes zeigt keinerlei Verzierungen, nur feine Terrassenlinien längs des Vorderrandes. Der Umschlag ist durch scharfe, ziemlich grobe Terrassenlinien, ca. 10 auf 5 mm., geziert.

Das Hypostoma (F. 11, 12) ist in mehreren isolirten Exemplaren erhalten. Es zeigt die Charaktere, wie wir sie schon oben in der allgemeinen Gruppencharakteristik mitgetheilt haben: die convexen bogenförmigen Seitenrand, die convergirenden Seitenrippen des Mittelstücks, die bis zum Vorderrand reichen, das Fehlen von Seitenfurchen und die nach aussen und etwas nach hinten divergirenden geradlinigen Rippen am Grunde der flachen Macula, die besonders charakteristisch für die Untergattung *Basilicus* sind; die Vorderlappen erscheinen kurz und divergiren stärker als bei *Pseudasaphus*.

Der Thorax stimmt, soviel wir sehn können, mit dem der vorigen Art überein. Die

Rhachis ist schwach gewölbt und verschmälert sich etwas nach hinten. Die Pleuren sind in Spitzen ausgezogen, die bei den hintern Gliedern in breite säbelförmige Endigungen verlaufen. Die Diagonalfurche verliert sich allmählig in eine feine Spitze; von ihrem erhabenen Vorderende verläuft bei den vordern Pleuren nach aussen ein leichter scharfer Kamm bis zur äussern Spitze, der durch eine Längslinie bezeichnet wird, von der nach beiden Seiten feine Terrassenlinien ausstrahlen. Die der vordern Seite sind nach vorn und aussen gerichtet, an der hintern Seite gehen sie mehr vertical nach hinten. An den letzten Pleuren hört der Kamm und die ihm entsprechende Leitlinie schon früher auf und wir sehn nach der Spitze der Pleuren zu nur feine quere bogenförmige Terrassenlinien. Der Umschlag zeigt nach aussen zu quere S-förmig verlaufende Terrassenlinien; der innere Abschluss wird durch einen stark convexen bogenförmigen Vorsprung bewirkt, von dessen hinterem Ende nach einer scharfen (F. 8) Einbucht ein gradliniger spitzer Sporn längs dem hintern Rande der Pleure nach innen verläuft, etwa bis zum Fulcrum. Die Pander'schen Organe in unsern Stücken nur undeutlich zu erkennen.

Das *Pygidium* (F. 13, 14) stimmt im Allgemeinen mit dem der vorigen Art gut überein. Die Zahl der Pleuren steigt oft auf 8, doch sind sie meist flacher und die hintern weniger scharf ausgeprägt als bei *B. Lawrowi*. Auch die Knielinien und die entsprechenden Anschwellungen der Pleuren sind weniger deutlich. Die Rhachis lässt bis 14 scharf geschiedene Glieder erkennen; sie ist nocheinmal so lang, wie die Breite am Vorderende; ihr Hinterende erscheint oft etwas stumpfer als bei voriger Art. Der Randsaum ist nicht scharf abgesetzt. Die Gleitfläche lässt kein äusseres Feld von dem innern unterscheiden. Die Ornamentierung, bestehend aus undichten quer über die Pleuren, die Gleitfläche und den Randsaum verlaufenden unterbrochenen und geschwungenen Terrassenlinien, stimmt mit der vorigen Art überein, ebenso der Umschlag (F. 13).

Maasse in mm.

Ganze Länge	99	18	—	—	—	—	—
Länge des Kopfes	32	7	30	—	—	—	—
Breite » »	66	14	—	—	—	—	—
Länge der Glabella	—	—	19	—	—	—	—
Breite » »	—	—	14	—	—	—	—
Abstand der vordern Gesichtslinien von einander	—	7,5	30	—	—	—	—
Länge des Thorax	31	6	—	—	—	—	—
Breite » »	64	12	—	—	—	—	—
Breite der Rhachis vorn	18	4	—	—	—	—	—
» » » hinten	15	3	—	—	—	—	—

Länge des Pygidiums.	35	6	—	36	38	12,5	19,5
Breite » »	55	9,5	—	58	—	21	63
Länge der Rhachis	26	5	—	27	28	9	15
Breite » »	12,5	3	—	13,5	14	4,5	7,5

Vorkommen. Ausschliesslich bisher in der Kuckers'schen Schicht C_2 , besonders bei Kuckers selbst, aber auch bei Erras (Salla) und Wrangelstein (früher Maidel).

Basilicus kegelensis m.

T. V, F. 1—3.

1898. *Ptychopyge kegelensis* F. Schmidt. Revis. d. ost-balt. silur. Trilob. Abth. 5, Lief. 1, p. 32.

Es liegen uns nur einige nicht ganz vollständige Pygidien, ein grosses Hypostoma und das Mittelschild eines Kopfes aus der Kegel'schen Schicht vor, auf die wir jetzt doch eine besondere Art zu gründen wagen, da die Kennzeichen dazu ausreichen.

Das Mittelschild des Kopfes zeigt eine Gesamtlänge von 25 mm. Die Glabella ist flach gewölbt, vorn abgestutzt, verhältnissmässig kurz, da sie bei einer Länge von 16,5 mm. eine Breite von 14 mm. erreicht, die hintern Seitenfurchen sind stark ausgeprägt, die Dorsalfurchen verlaufen in ihrer ganzen Erstreckung längs der Glabella parallel der Axe und divergiren nicht an den Seiten des wohlausgeprägten dreiseitigen Basallobus. Die Nackenfurche ist wohl ausgeprägt (es ist ein Steinkern); vor ihr erhebt sich der verhältnissmässig grosse runde Nackentuberkel, der flach gewölbte Nackenring zeigt deutliche Spuren von 2 rundlichen Erhöhungen, die schon bei voriger Art zu erkennen waren. Die vordern Zweige der Gesichtslinien steigen steil und fast geradlinig (nach vorn und aussen gerichtet) nach vorn an, biegen sich dann in stark convexem Bogen nach innen um und vereinigen sich unter sehr stumpfen Winkel (ohne vorragende Spitze). Die grösste Entfernung der Zweige von einander (23 mm.) übertrifft nur wenig die Entfernung der Nackenfurche vom Vorderrande des Kopfes, ist also etwas geringer als bei voriger Art.

Der isolirt gefundene Abdruck eines **Hypostoma** gehörte einem sehr grossen Exemplar an. Seine grösste Breite beträgt 38 mm. Die Seitenlinien zeigen nach aussen einen stumpfen Winkel und weichen dadurch von voriger Art ab; sonst stimmen die Charaktere überein. Von der Spitze des erwähnten stumpfen Winkels convergiren die Seitenlinien als ausgebildete Rippen zum Vorderrande, Seitenfurchen sind nicht vorhanden und die geradlinigen Rippen am Grunde der Macula divergiren etwas nach aussen und hinten.

Das besterhaltene **Pygidium** (ebenfalls ein Abdruck) hat eine Länge von 47 mm. bei einer Breite von 64 mm., es ist stärker nach hinten vorgezogen als bei den früher beschriebenen Arten. Die Länge der Rhachis beträgt 34,5 mm. bei einer Breite von 14 mm.

Sie ist also entsprechend der Gesamtform etwas mehr als doppelt so lang wie breit. Die Zahl der scharf ausgeprägten Glieder beträgt 14. Das Ende der Rhachis ist stumpf. Von Pleuren lassen sich 8—9 unterscheiden, die von den vordern Rhachisgliedern ausgehn. Von Knielinien ist kaum eine Spur vorhanden, die geschweiften Terrassenlinien längs dem nicht abgesetzten Randsaum erscheinen nicht unterbrochen.

Vorkommen. Sämtliche Stücke stammen aus der Kegelschen Schicht D_2 , aus der Umgebung von Kegel selbst und dem nahe gelegenen Fridrichshof. Das einzige Bruchstück des Kopfschildes wurde erst vor 2 Jahren von Baron Fr. Huene gefunden. Ein Geschiebe von Worms (Pygidium) stimmt vollkommen mit dem beschriebenen überein. Auswärts ist die Art nirgends nachgewiesen.

Der Abdruck eines kleinen Pygidiums von Paesköll (aus dem untern Theil der Kegelschen Stufe) zeigte etwas andere Dimensionen, da die Breite der Rhachis die doppelte Länge derselben nicht erreicht.

Subgen. *Ptychopyge* Ang. sens. str.

Nachdem wir die oben beschriebenen Untergattungen *Pseudasaphus* m. und *Basilicus* Salt. von *Ptychopyge* Ang. abgetrennt haben, bleiben uns für die letzte Untergattung *Ptychopyge* sens. str. noch die Verwandten der typischen Art *Pt. angustifrons* Dalm. sp. übrig. Auf diese ist wesentlich auch die Untergattung *Ptychopyge* bei Salter Sil. Trilob., p. 146 gegründet. Seine Diagnose lautet:

Expanded, ovate, gently convex, or flattened, with narrow axis; short arceolate glabella, reaching more than half-way up the head, and lobeless; approximate elevated eyes; subangular tips to pleurae; and tail with moderately long axis, and many faint ribs on axis and tail. Facial suture forming a long ogive in front. Hypostome entire. Labrum shortly notched.

Salter führt zu seiner Gruppe *Ptychopyge* a. a. O. ausser *P. angustifrons* nur noch *P. lata* Ang. an, die wohl aus der Reihe der selbständigen Arten zu streichen ist, da es keine vollständigen Exemplare der Art giebt und der Kopf nach einigen Anzeichen zu *Megalaspis* gehört. Es bleibt also als typische Art nur *P. angustifrons* Dalm., deren Pleurenspitzen übrigens nicht «subangular» genannt werden können. Ausserdem ist das Hypostoma (unser Kopfumschlag) nicht ungetheilt, was unter den Asaphiden nur der Gattung *Nileus* zukommt und die Glabella ist nicht immer «lobeless».

Auch das von Brögger (*Asaphus hypost.*, p. 32) für die ganze Gattung *Ptychopyge* angeführten Kennzeichen von der besonders starken Ausbildung des Umschlags beim Pygidium, der fast den ganzen Raum bis zur Rhachis bedeckt, passt in vollem Maass ebenfalls nur auf *P. angustifrons* und die ihr zunächst stehenden Formen unsrer einheimischen Trilobitenfauna, die *Pt. truncata* Nieszk. mit ihrer var. *Bröggeri* m., die unter einander auch

in deutlichem genetischen Zusammenhang stehn, wie die einzelnen Arten der beiden vorhin beschriebenen Gruppen *Pseudasaphus* und *Basilicus*.

Die übrigen von uns hier nach dem Habitus zu *Ptychopyge* sens. str. gezogenen fünf Arten weichen, was die Breite des Umschlags betrifft, von den genannten typischen Formen ab, indem sie darin mehr mit den früher beschriebenen *Pseudasaphus* und *Basilicus* übereinstimmen, also immerhin einen im Ganzen breitem Umschlag haben, als die ächten *Asaphus*; im Uebrigen zeigen sie aber doch so viele Unterschiede untereinander, dass wir nicht etwa ein besonderes Subgenus für sie bilden können, sondern veranlasst sind, sie als besondere Formen der etwas erweiterten Abtheilung *Ptychopyge* sens. str. hinzuzufügen. Unsre Arten lassen sich in 3 kleinere Gruppen unterbringen. Die erste Gruppe besteht aus einer einzigen Art *P. cincta* Brögger. Sie wurde von Angelin zuerst nach einzelnen Pygidien als *Megalaspis excavato-zonata* bestimmt, später von Brögger als *Ptychopyge* erkannt und in die Nähe von *P. limbata* gestellt. Ihrem Habitus nach (der Höcker hinter dem Auge ist deutlich vorhanden) und ebenso nach dem von Lindström richtig dargestellten Hypostoma gehört sie durchaus in die Nähe der oben erwähnten typischen Arten. Ich selbst hatte sie früher mit *P. truncata* vereinigt. Sie zeichnet sich durch den aufgeworfenen Rand ihres Pygidiums aus. Die zweite Gruppe besteht aus den 2 einander nahestehenden Arten *P. Pahleni* und *Plautini*, die ich in meiner Uebersicht der Asaphiden (Asaphid. Lief. 1, p. 31) mit der verloren gegangenen *Ptychopyge limbata* zu vereinen suchte; auch diese Arten haben den Habitus der *Ptychopyge* sens. str., sie zeichnen sich aber durch ihr parabolisches stark geripptes Pygidiums und ihre verlängerte Glabella aus. Da das Hypostoma fehlt, so bleibt die systematische Stellung unsicher. Die 3te Gruppe besteht ebenfalls aus 2 einander nahestehenden Arten *P. Wöhrmanni* und *Knyrkoi*, die beide auf einzelne unvollständige Exemplare gestützt sind; sie gehören gleichfalls in die Nähe der im Stokholmer Museum nicht aufzufindenden *P. limbata* und haben mit der Angelin'schen Zeichnung das Fehlen des charakteristischen Höckers hinter den Augen und die Form der Hinterlappen der festen Wangen gemein. Sie erscheinen also auch als etwas zweifelhafte Glieder unsrer Gruppe.

Wir haben also in unsrem Subgenus *Ptychopyge* sens. str. 2 typische Arten mit ihren Varietäten und 5 abweichende, die aber doch ihrem allgemeinen Habitus nach in keine andre Abtheilung gehören können als hierher. Das Hypostoma ist nur von *P. angustifrons* und von *P. cincta* bekannt; ausserdem liegt mir ein freies Hypostoma aus dem Grünsande (B_1) von der Popowka vor, das augenscheinlich einem Vorläufer der typischen *P. angustifrons* angehört. Ein paar andre zu den ältesten Formen der Gruppe gehörigen Stücke von Baltischport und Reval sind zu unvollständig, als dass ich sie hier beschreiben könnte.

Alle unsre Arten der *Ptychopyge* sens. str. gehören den tiefern Theilen der Stufe *B* an, also von B_{1b} angefangen durch B_{2a} und b bis B_{3a} , oder nach Lamanski den Stufen $BI\beta$ bis $BIII\beta$.

Was die Verbreitung unsres Subgenus im Auslande betrifft, so ist die typische Art *P. angustifrons* in Schweden und Norwegen in der Stufe des *Asaphus expansus* weit ver-

breitet, ausserdem kommt in beiden Ländern in gleichem Niveau noch die *P. cincta* und in Norwegen in einer etwas tiefern Stufe nach Brögger eine der *P. truncata* entsprechende Form vor. Angelin beschreibt ausserdem, wie schon erwähnt, die *P. limbata* von Oeland, sie ist aber in dem Stokholmer Museum nicht mehr aufzufinden und wir haben uns vergeblich bemüht ihre Vertreter bei uns nachzuweisen. Wie oben erwähnt, scheint auch die *P. lata* Ang. eine zweifelhafte Art und die zahlreichen andern von Angelin nach isolirten Pygidien aufgestellten Arten scheinen wohl eher in die früher behandelten Subgenera *Pseudasaphus* und namentlich *Basilicus* zu gehören. In Böhmen und Grossbritannien ist bisher keine Art unsres Subgenus nachgewiesen worden und was Amerika betrifft, so ist die *P. Ulrichi* Clarke noch zu unvollständig bekannt, als dass man über ihre etwaige Hierhergehörigkeit entscheiden könnte.

Verticale und horizontale Verbreitung der Arten.

	B_1	B_{2a}	B_{2b}	B_{3a}	Peters- burger Gouv.	Est- land.	Auswärts.
<i>Ptychopyge angustifrons</i> Dalm.	—	—	+	+	+	+	Schweden, Norwegen.
» var. <i>gladiifera</i> m.	—	—	+	—	+	—	—
» <i>truncata</i> Nieszk.	—	—	+	—	—	+	—
» var. <i>Bröggeri</i> m.	—	—	+	—	+	—	Norwegen?
» <i>cincta</i> Brögg.	—	—	+	—	+	—	Schweden, Norwegen.
» <i>Plautini</i> m.	—	—	+	—	+	+	—
» <i>Pahleni</i> m.	—	+	—	—	—	+	—
» <i>Knyrkoi</i> m.	—	—	+	—	+	—	—
» <i>Wöhrmanni</i> m.	—	—	+	—	+	—	—
» sp. (isol. Hypost.)	+	—	—	—	+	—	—

Nach der detaillirteren Eintheilung der Stufe *B* von W. Lamanski vertheilen sich die Arten folgendermassen auf die einzelnen Abtheilungen:

	$BI\beta$	$BII\alpha$	$BII\beta$	$BII\gamma$	$BIII\alpha$	$BIII\beta$
<i>Ptychopyge angustifrons</i>	—	—	—	—	+	+
» var. <i>gladiifera</i> m.	—	—	—	—	+	—
» <i>truncata</i> Nieszk.	—	—	—	+	—	—
» var. <i>Bröggeri</i> m.	—	—	—	+	+	—
» <i>cincta</i> Brögg.	—	—	—	—	+	—
» <i>Plautini</i> m.	—	—	+	+	—	—
» <i>Pahleni</i> m.	—	+	+	—	—	—
» <i>Knyrkoi</i> m.	—	—	—	+	—	—
» <i>Wöhrmanni</i> m.	—	—	—	—	+	—
» sp. (Hypost.)	+	—	—	—	—	—

Unterscheidungskennzeichen der Arten.

1. Umschlag des Pygidiums die ganze Unterseite bis zur Rhachis einnehmend. Pygidium flach gewölbt, mit undeutlichen Rippen. 2.

Umschlag des Pygidiums reicht nur bis zum hintern Theil der Rhachis. 5.

2. Die grösste Breite des Abstandes der vordern Zweige der Gesichtslinien befindet sich vor dem Vorderrande der Glabella. Breite des Limbus vor der Glabella gleich $\frac{1}{4}$ der Kopfhöhe. Pygidium mit flachem Rande, Terrassenlinien auf dem Umschlag abwechselnd gröber und feiner. 3.

Die grösste Breite des Abstandes der vordern Zweige der Gesichtslinien schneidet das Vorderende der Glabella. Breite des Limbus vor der Glabella gleich $\frac{1}{5}$ der Kopfhöhe. Pygidium mit aufgeworfenem Randsaum. Terrassenlinien auf dem Umschlag gleichmässig. 4.

3. Kopf vorn breit gerundet, Pleuren des Thorax nicht vorgezogen säbelförmig.

P. angustifrons Dalm. B_{2b} , $BIII\alpha$ u. β .

Kopf mehr vorgezogen, fast dreieckig. Pleuren des Thorax säbelförmig vorgezogen.

P. angustifrons var. *gladiifera* m. B_{2b} , $BIII\alpha$.

4. Kopfumriss nach vorn vorgezogen, fast dreieckig. Pygidium hinten abgestutzt.

P. truncata Nieszk. sp. B_{2b} , $BII\gamma$.

Kopfumriss vorn breit gerundet. Pygidium hinten gerundet, kaum abgestutzt.

P. truncata var. *Bröggeri* m. B_{2b} , $BII\gamma$.

5. Pygidium breit gerundet, mit aufgeworfenem Randsaum. Glabella glatt, ungestreift.

P. cincta Br. B_{2b} ; $BII\gamma$, $BIII\alpha$.

Pygidium parabolisch. 5.

6. Hinterer Zweig der Gesichtsnath nach hinten gewandt. Kein Höcker hinter den Augen. Streifen auf dem Umschlage grob. 7.

Hinterer Zweig der Gesichtsnath parallel dem Hinterrande des Kopfes. Höcker hinter den Augen vorhanden. Streifen auf dem Umschlage fein. 8.

7. Kein abgesetzter Randsaum am Kopf und Pygidium. *Pt. Knyrkoi* m. B_{2b} ; $BII\gamma$.

Deutlich abgesetzter Randsaum am Kopf und Pygidium.

Pt. Wöhrmanni m. B_{2b} ; $BIII\alpha$.

8. Kopf dreiseitig, mit Randsaum. Basallobus der Glabella undeutlich.

P. Plautini m. B_{2b} ; $BII\beta$, $BII\gamma$.

Kopf abgerundet, ohne Randsaum. Basallobus der Glabella deutlich.

P. Pahleni m. B_{2a} ; $BII\alpha$, $BII\beta$.

Ptychopyge angustifrons Dalm. sp.

T. V, F. 4, 5, 7, 8, 9, 10.

1827. *Asaphus angustifrons* Dalm. om Palaead. p. 239, T. 3, F. 2.
 1854. *Ptychopyge angustifrons* Ang. pal. scand. p. 55, T. 32, F. 1.
 1860. *Asaphus angustifrons* Eichw. Leth. ross. anc. per. p. 1455.
 1882. *Ptychopyge angustifrons* Brögg. Etage 2 u. 3, p. 71.
 1886. » » Brögg. Asaph. hyp. p. 32, F. 11, 12, 42—45.
 1898. » » F. Schmidt. Revis. d. ost-balt. Tril. Abth. 5, Lief. 1, p. 30.
 1901. » » Lindström research. on the visual org. of trilob. p. 39,
 F. 31—36.

Ptychopyge (Asaphus) angustifrons Dalm. ist eine altbekannte Art, die schon von ihrem Autor Dalman eine vortreffliche Beschreibung erhalten hat, zu welcher ihrerseits noch Angelin, Brögger und Lindström neue Beiträge geliefert haben. Bei uns kommt sie namentlich am Wolchow in den Expansusschichten, die denen von Originalfundort Husbyfjöl in Ostgotland vollkommen entsprechen, in reichlicher Menge und vortrefflicher Erhaltung vor, so dass auch wir eine recht vollständige Beschreibung mit Berücksichtigung von allerhand Abweichungen liefern können.

Der ganze Trilobit ist von oblonger Form, flach gewölbt, dreimal so lang wie breit; beim Zusammenrollen liegen Kopf und Pygidium flach auf einander, wobei das letztere etwas länger ist. Der Kopf breit abgerundet, halbkreisförmig, vorn noch einmal so breit wie lang, flach gewölbt, mit ausgezogenen Hinterecken und breitem, flachem Randsaum, der sich von den Ecken nach vorn erweitert, wo er vor der Glabella etwa dem vierten Theil der ganzen Länge gleichkommt. Der Randsaum hebt sich meist unter stumpfem Winkel vom Kopfschild ab. Die Glabella birnförmig, vorn angeschwollen, etwa $1\frac{1}{2}$ mal so lang wie breit, auf dem Rücken mit schwachem Kiel versehen. An ihrem Grunde der feine Nackentuberkel an der Grenze der kaum markirten Nackenfurche.

Die Seitenloben sind nur in seltenen Exemplaren zu erkennen. Die Dorsalfurchen verlaufen an der Aussenseite des meist kaum markirten Basallobus und schneiden dann den Beginn der deutlich ausgeprägten Occipitalfurchen. Die Augen sind klein, mit ansteigendem Augendeckel, um ihre eigene Länge vom Hinterrande entfernt; der Abstand vom Vorderrande beträgt das 3fache dieser Länge. Hart hinter den Augen erhebt sich ein scharf ausgeprägter spitzer Höcker an der Grenze der Dorsal- und der Occipitalfurchen, der für die ganze Gruppe charakteristisch ist.

Der hintere Zweig der Gesichtslinien geht zwischen dem Auge und dem Höcker, zuerst ziemlich horizontal nach aussen, biegt sich dann abwärts nach hinten und schneidet die Occipitalfurchen ziemlich vertical. Der vordere Zweig geht zunächst in steilem Bogen nach aussen und vorn zum Randsaum, biegt sich auf diesem allmählig nach einwärts und vorn

und springt in der Mitte mit kleiner Ausbuchtung in dreieckiger Spitze zum Vorderrand vor (en ogive). Die Verbindungslinie der Gipfel des Bogens, die zugleich die grösste Entfernung der beiden Aeste markirt, berührt den Vorderrand der Glabella oder kommt etwas vor diese zu liegen. Die Entfernung der beiden Aeste kommt ungefähr der Länge der Glabella gleich. Die Wangen erheben sich allmählig vom Randsaum zum Mittelstück des Kopfes, sie gehn in kurze etwas divergirende, spitze Hörner aus, die gewöhnlich bis zum zweiten, seltener bis zum vierten Leibesgliede reichen; der breite Umschlag des Kopfes macht sich auf der Oberfläche durch seine deutlich hervortretende Grenzlinie bemerklich, die im Bogen vom Vorderrande des Auges zum Ende des hintern Zweiges der Gesichtsnaht geht (F. 4, 7). Die Sculptur des Kopfes besteht aus feinen concentrischen Linien auf der Glabella und ebenso feinen von vorn nach hinten verlaufenden, oft etwas gewundenen und verästelten Querlinien auf den Wangen.

Der Umschlag des Kopfes (F. 7) nimmt entsprechend dem oben Gesagten einen bedeutenden Theil der Unterseite des Kopfschildes ein. Längs dem Randsaum verläuft er diesem entsprechend anfangs horizontal und steigt dann bis zur Höhe der Augen auf. In der Mitte zeigt er einen bogenförmigen Ausschnitt, entsprechend dem Vorderrande der Glabella zur Einfügung des Hypostoma. Seine Oberfläche ist mit dichten, feinen (8—10 auf 2 mm.) Terrassenlinien bedeckt, die Neigung zur Zweitheilung zeigen, so zwar, dass feinere und etwas gröbere Streifen mit einander abwechseln. Doch ist dieses Verhältniss am Kopfumschlag nicht so regelmässig ausgebildet, als am Pygidium.

Das Hypostoma (F. 9, 10) unsrer Art ist typisch für die ganze Gruppe. Die kurzen Gabelspitzen, die kaum $\frac{1}{3}$ der ganzen Länge ausmachen, der länglich elliptische Mittelkörper mit tiefen Seitenfurchen, die eckigen, aufrecht stehenden Vorderflügel sind bezeichnend genug und schon in der Gruppencharakteristik angeführt. Die Maculae erscheinen als Tuberkel im Grunde der Seitenfurchen auf erhabenen Ansätzen. Lindström unterscheidet eine breite Form (l. c. F. 32) mit schief gerichteter Oberfläche und eine schmälere (F. 33), mit horizontaler. Bei uns kommen auch beide Formen der Macula vor, ohne dass wir dabei einen Unterschied in der Gesamtform des Hypostoma feststellen könnten oder gar Verschiedenheiten des ganzen Thiers. Beide Formen scheinen in gleichem Niveau vorzukommen. Wir haben freilich unsrer Form nahe verwandte Hypostomen aus den tiefsten Schichten unsrer Stufe *B*, aus *B_{2a}* und *B_{1b}*, doch fehlen die zugehörigen ganzen Exemplare. Nur das weiter unten zu behandelnde Hypostoma aus *B_{1b}* lässt sich durch bestimmte Charaktere unterscheiden.

Der Thorax ist mässig gewölbt, reichlich $1\frac{1}{2}$ mal so breit wie lang. Die Rhachis mässig vorgewölbt, nimmt weniger als $\frac{1}{3}$ der ganzen Breite ein. Die einzelnen Glieder sind ziemlich flach und zeigen bei guter Erhaltung in der Mitte zwei feine erhabene Tuberkel (F. 4) und an den Seiten zwei schwächere und breitere Anschwellungen. Die Pleuren verlaufen in ihrem innern Theil bis zum Fulcrum ($\frac{1}{3}$ der ganzen Länge der Pleure) horizontal, von hier sind sie allmählig nach aussen geneigt. Sie enden schräg abgeschnitten mit nach hinten

vorgezogenem hintern Ende, mit Ausnahme der vordersten Pleure, die schmaler ist und vorn breit abgerundet endet, ohne ausgesprochene Vorderecke. Vom Fulcrum an verläuft eine anfangs stärkere, dann schwächere Rippe diagonal bis zum hintern Ende der Pleure, wo sie sich verliert. Die Diagonalfurche ist kurz und breit, nur bis zur Hälfte der Pleure reichend; sie endet kahnförmig, indem ein flacher Wulst längs dem Hinterrande der Pleure ihr unten spitzem Winkel entgegenkommt. Die Sculptur des Thorax zeigt auf den Rhachisgliedern deutliche concentrische feine Terrassenlinien, auf den Pleuren feine verticale, nach aussen und vorn gerichtete Linien, etwa 2 auf 1 mm., welche die Furche schneiden und an ihrem Ende verschwinden. Auf der Gleitfläche der Pleuren sieht man von der Diagonalrippe ausstrahlende, nach aussen gewandte feine Streifen. Der Umschlag der Pleuren zeigt feine, von hinten nach vorn und aussen gehende Querstreifen, die sich am innern Ende des Umschlags anfangs nach aussen krümmen und dann winklig umbiegen, so dass der Umschlag hier in einem spitzen Winkel vorspringt, der durch eine tiefe Einbucht von dem hintern Fortsatz des Umschlags getrennt ist, der sich noch etwas an dessen Hinterrande fortzieht. Die Pander'schen Organe erscheinen auf dem Umschlag von aussen gesehn als kurze Höcker, die auf ihrer hintern Seite unter der Spitze eine feine Oeffnung zeigen. Diese lässt sich bei genauer Untersuchung auch auf dem Abdruck in der Tiefe der entsprechenden Grube erkennen. Ich habe viele Exemplare aus den verschiedenen Gruppen von *Ptychopyge* Ang. untersucht und immer ist es mir gelungen die Oeffnung ausfindig zu machen. Allerdings ist sie an *P. angustifrons* am schwersten zu erkennen und daher auch die abweichende Deutung von Brögger (Asaph. hypost. p. 73, F. 42) erklärlich. Ich habe bei Abdrücken die Stelle der Oeffnung immer mit Gesteinsmasse erfüllt gesehn. Bei *Pseudasaphus* (T. I, F. 10) und unsren *Asaphi* sind die Verhältnisse viel deutlicher.

Das **Pygidium** ganz flach gewölbt, über einen Halbkreis vorgezogen, $1\frac{1}{2}$ mal so breit wie lang, regelmässig abgerundet, am Hinterrande kaum abgestutzt, am Rande von einem breiten flachen, kaum abgesetzten Randsaum umgeben, die Rhachis deutlich vortretend, am Ende aufgeworfen, bis zum Ende deutlich in 12—13 Glieder getheilt, die durch deutliche Einschnürungen, die in der Mitte schwächer werden, von einander getrennt und durch feine meist fortlaufende Terrassenlinien, in der Mitte vorspringend, markirt sind. Zwischen den fortlaufenden Linien finden sich noch einzelne kürzere Querlinien. Die erwähnten fortlaufenden Linien setzen sich auch über die Dorsalfurche auf die Seitentheile fort. Auf den Seitentheilen sehen wir 6—7 mehr oder weniger deutliche abgerundete Falten, die bis zum Randsaum reichen. Die ganze Oberfläche der Seitentheile und zugleich des Randsaums ist dicht von zahlreichen Querlinien bedeckt, die zum Theil von den oben erwähnten Trennungslinien der Rhachis ausgehn und bis zum Rande reichen, z. Th. aber aus unterbrochenen kurzen geschweiften Linien bestehn, die zwischen die erstern eingeschoben sind oder durch Gabeltheilung aus ihnen hervorgehn. Die Richtung der Streifen ist schräge über die Pleurenfalten; auf dem Randsaum erscheinen alle parallel dem Vorderrande. Die **Vorderecke** ist abgerundet, die **Gleitfläche** etwas geneigt, auf dem Rücken mit einer feinen Rippe versehen,

ähnlich den Pleuren des Thorax, von der nach vorn und aussen feine Streifen ausstrahlen.

Der Umschlag nimmt die ganzen Seitentheile ein und lässt nur einen ganz schmalen Streifen an den Seiten der Rhachis frei; es kommen etwa 8—10 Streifen auf 2 mm. und zwar wechselt regelmässig ein gröberer Streifen mit einem feinern ab (F. 7, 8), doch ist dieses Verhältniss nicht immer deutlich zu erkennen.

Maasse in mm.

Ganzes Thier	73	82	—	—	—
Länge des Kopfes	24	28	28	21	18
Breite » »	—	—	56	41	—
Länge des Limbus	6	8	8	6	5
Länge der Glabella	16	17	18	13	9
Breite » »	11	—	12	10	6
Abstand der Gesichtslinien der vordern Zweige. . .	14,5	—	—	—	—
Länge des Thorax	27	33	—	—	—
Breite » »	44	44	—	—	—
» » Rhachis.	13,4	15	—	—	—
Länge des Pygidiums	27	31	31	—	—
Breite » »	42	42	48	—	—
Länge der Rhachis	19	25	24	—	—
Breite » »	10	10	12	—	—

Variationen. Im Allgemeinen stimmt unsre *P. angustifrons* mit der typischen schwedischen von Husbyfjöl recht genau überein. Die Fig. 4, 5, 8 stellen solche Exemplare dar, doch kommen verschiedene kleine Abweichungen im Umriss des Pygidiums vor, in der Breite des Limbus am Kopfschild und in dem Umriss desselben, sowie in der Länge der Wangenhörner, in der Entwicklung von deutlichen Loben an der Glabella, und namentlich in Endigung der Thoraxpleuren, die bisweilen eine säbelförmige Form annehmen, auf die wir eine besondere var. *gladiifera* gründen.

Beziehungen zu verwandten Arten. Wie schon früher gesagt, bildet die typische *P. angustifrons* mit den zunächst stehenden Formen, ihrer var. *gladiifera* und *P. truncata* Nieszk. sp. mit der var. *Bröggeri* eine engere Gruppe innerhalb der typischen *Ptychopyge*-Arten. Von den übrigen unten zu behandelnden Arten steht die *P. cincta* Brögg. (*Magalaspis excavatozonata* Ang.) dieser engern Gruppe am nächsten. Sie unterscheidet sich durch das abweichende Hypostoma mit längeren Gabelspitzen und kürzerem Mittelstück und ausser dem weniger breiten Umschlag des Pygidiums durch dessen breitere Form, die scharf abwärts gebrochene Gleitfläche an den Vorderecken und die viel feinere und sparsamere Streifung

der Seitentheile derselben. Die übrigen in unsrer Gruppe behandelten Arten unterscheiden sich sämtlich durch ihre parabolischen und dabei stärker gerippten Pygidien.

Vorkommen. Die echte *P. angustifrons* kommt bei uns ziemlich reichlich im Niveau des *Asaphus expansus* B_{2b} und in der untern Linsenschicht B_{3a} vor, nach Lamanski's Einteilung in $BIII\alpha$ und β , vorzugsweise im Petersburger Gouvernement am Wolchow, bei Iswos und Obuchowo, am Sjas und an der Lynna bei Chamontowo und Gagarino, bei Wassilkowo an der Lawa, bei Gornaja Scheldicha, wo er bis in die untere Linsenschicht B_{3a} hinaufgeht, und ziemlich selten bei Pawlowsk an der Popowka. In Estland bisher nur bei Malla in der untern Linsenschicht (ein Pygidium) gefunden. Vollständige sicher bestimmbare Exemplare aus tiefern Schichten haben mir nicht vorgelegen, wohl aber unvollständige Pygidien und Hypostomen aus der Stufe B_{2a} oder nach Lamanski aus $BII\alpha$ und β , die ich vorläufig nicht von unsrer Art trennen kann, die aber wahrscheinlich einer besondern Form angehören, die Lamanski schon vorläufig als *Pt. praecurrens* bezeichnet hat.

Auswärts besonders reichlich in Ostgothland bei Husbyfjöl und Umgebung im untern grauen Orthocerenkalk, auch in Nerike und als Geschiebe in Dalarne nach Törnquist, in Norwegen von Brögger im Expansusschiefer bei Christiania u. a. In norddeutschen Geschieben bisher nicht sicher nachgewiesen.

***Ptychopyge angustifrons* var. *gladiifera* m.**

T. V, F. 6.

Ich gründe diese Varietät wesentlich auf die stark nach hinten säbelförmig vorgezogenen Enden der Rumpfpleuren, wie das besonders an den hintern Pleuren hervortritt. Die seltenen Exemplare zeichnen sich ausserdem durch stärker nach vorn verschmälerte Form des Kopfumrisses und die deutlicheren vordern Loben der Glabella aus. Die Knötchen auf der Rhachis des Thorax springen besonders stark hervor. Die übrigen Kennzeichen, namentlich auch die Beschaffenheit der doppelten, abwechselnd gröbern und feinern Streifen auf dem Umschlag des Pygidiums verhalten sich genau wie bei der Hauptform.

Maasse in mm.

Länge des ganzen Thiers	79	—
Länge des Kopfes	25	27
Breite » »	—	—
Länge des Limbus	6,5	6,6
Länge der Glabella	15,5	19
Breite » »	11,5	11
Abstand der vordern Zweige der Gesichtslinien	15	15

Länge des Thorax	27	27
Breite » »	43	45
Breite der Rhachis.	13	14
Länge des Pygidiums	25	—
Breite » »	41	—
Länge der Rhachis	20	—
Breite » »	10,5	—

Vorkommen. Mit der Hauptform zusammen im Niveau des *Asaphus expansus* (B_{2b} , nach Lamanski $BIII\alpha$) bei Iswos am Wolchow in wenigen Exemplaren.

Ptychopyge truncata Nieszk. sp.

T. VI, F. 1—4.

1859. *Asaphus truncatus* Nieszk. Zusätze zur Monographie der Trilobiten der Ostseeprovinzen in Archiv für Naturkunde Liv-, Est- und Kurlands. Ser. I, Th. 1, p. 358, T. I, F. 1.

1898. *Ptychopyge excavato-zonata* Ang. var. *truncata* in F. Schmidt. Revision etc. Abth. 5, Lief. 1, p. 31.

Im Sommer 1857 wurde unsre Art auf einer Excursion in Estland von Nieszkowski und mir im Glanconitkalk bei Luggenhusen am Isenhofschon Bach gefunden und in den obencitirten «Zusätzen» als *Asaphus truncatus* beschrieben. Im Sommer 1872 sah Linnaresson das Originalexemplar in der Sammlung des Dorpater Naturforschervereins und vereinigt es in seinem Reisebericht (Zeitschrift d. deutsch. geol. Ges. 1873, p. 69) mit *Ptychopyge angustifrons*. Später hat Consul Stacy bei Reval noch mehrere Pygidien und ein Kopfschild in den obern Schichten des dortigen Glanconitkalks gefunden. Nur das Pygidium, auf das die Art wesentlich gegründet ist, liegt uns in mehrfachen wohlerhaltenen Exemplaren vor. Auch das Originalexemplar zeigt neben dem Pygidium den Kopf und Thorax in nur sehr mangelhafter Erhaltung. In der soeben erwähnten Stacy'schen Sammlung haben wir ein einzelnes wohlerhaltenes (F. 4) Kopfschild, das mit mehreren Pygidien in gleicher Localität und in gleichem Niveau gefunden wurde. Wir haben allen Grund anzunehmen, dass es hierher gehört.

Der Kopf etwa $1\frac{1}{2}$ mal so breit wie lang, mässig gewölbt, nach vorn gerundet oder in eine stumpfe Spitze ausgehend, die Seiten bogenförmig, mit schmalem flachen, nicht scharf abgesetztem Randsaum, in kurze, etwas divergirende Spitzen auslaufend. Vor der Glabella erweitert sich der Randsaum etwas und kommt etwa einem Fünftel der ganzen Höhe des Kopfes gleich. Die Glabella ist breit keulenförmig mit einem schwachen Längskiel. An ihrer untern Hälfte sieht man jederseits bei fehlender Schaale einen länglich runden Basal-

eindruck und vor ihm noch zwei vordere, als Vertreter von zwei Seitenfurchen. Spuren von dreiseitigen Basalloben an den Seiten der vertikalen Dorsalfurchen sind zu erkennen. Die Nackenfurche ist in der Mitte schwach, an den Seiten deutlicher, wo sie sich an die tiefen Occipitalfurchen anschliesst, die bis zum Ende der festen Wangen reichen. Die Augen sind nicht gross, mit ansteigendem Augendeckel, fast um ihre eigene Länge vom Hinterrande und etwas mehr als die eigene Länge vom Vorderrande entfernt. Der Höcker hinter den Augen ist deutlich und bildet einen rechtwinkligen Vorsprung, in der Ecke der Dorsal- und der Occipitalfurchen. Der hintere Zweig der Gesichtslinien verläuft anfangs fast parallel dem Vorderrande der Occipitalfurche und schneidet diese alsdann in einem nach aussen und hinten gewandten Bogen. Der vordere Zweig geht zuerst vor den Augen nach aussen und vorn und wendet sich dann im Bogen vor der Glabella nach innen und vorn, wobei seine Entfernung von der Glabella sich immer mehr nahezu gleich bleibt. In der Mitte des Limbus vor der Glabella wendet sie sich scharf zur Spitze und bildet mit dem gegenüberliegenden Zweige ein breites, gleichschenkliges Dreieck. Die grösste Entfernung der Ausbuchtungen der beiden spitzen Zweige schneidet den vordern Theil der Glabella und kommt der ganzen Länge der Glabella gleich. Der Vorsprung der losen Wangen vor den Gesichtslinien bildet bei dem Revaler Exemplar (F. 4) einen scharfen Zipfel, noch einmal so lang wie breit, während er beim Originalexemplar etwas breiter ist, etwa wie bei der var. *Bröggeri*.

Der Umschlag des Kopfschildes reicht bis in die Nähe der Augen, bleibt aber um deren halbe Länge von ihnen entfernt. Die Oberfläche des Kopfes zeigt sowohl auf der Glabella, als den Wangen feine geschwungene, z. Th. verzweigte Terrassenlinien, die besonders am Originalexemplar deutlich sind.

Der Thorax ist bei beiden uns vorliegenden Exemplaren unvollständig, aber es lässt sich immerhin die Uebereinstimmung seines Baues mit dem von *Ptychopyge angustifrons* erkennen. Die gewölbte Rhachis erreicht den dritten Theil der Gesamtbreite des Thorax; sie zeigt die nämlichen paarigen Knötchen auf den einzelnen Gliedern und zugleich die feine concentrische, bogenförmige Zeichnung auf ihrer Oberfläche. Die Pleuren enden schräge abgeschnitten und zeigen die kahnförmig vertiefte Diagonalfurche, von deren Vorderrand, vom Fulcrum beginnend, ein scharfer Kamm diagonal zum hintern Ende der Pleure verläuft. An diesen schliesst sich die Gleitfläche mit ihren vom Kamm ausstrahlenden Terrassenlinien. Quer über den Innentheil der Pleure sieht man vom Hinterrande nach aussen und vorn dichte schräge stehende feine Linien verlaufen, die bis zum Grunde der Diagonalfurche verlaufen. Diese Linien scheinen sich durch ihrer grössern Dichtigkeit und ihre schräge Stellung von ähnlichen Linien bei *P. angustifrons*, die mehr vertical verlaufen und stärker distanzirt sind, etwas zu unterscheiden. Der Umschlag zeigt deutlich die spitzwinklig vorspringende Endigung seines innern Endes.

Das Pygidium hat durch seine charakteristische Form Veranlassung zur Aufstellung der Art gegeben. Es ist flach gewölbt, fast trapezförmig; die Seiten in steilem Bogen geneigt, der Hinterrand abgestutzt, ziemlich geradlinig; um den ganzen Rand läuft ein deutlich

abgesetzter gewölbter Saum, der besonders an den Seitenrändern durch deutliche Furchen von den Innentheilen geschieden ist. Im übrigen ähnelt das Pygidium doch seinem Bau und seine Zeichnung durchaus dem von *P. angustifrons*. Die Rhachis ist konisch, noch einmal so lang wie breit, am Ende mit aufgeworfener Spitze; sie besteht aus 11—12 Gliedern, die durch deutliche Einschnürungen markiert sind; auf ihrem Rücken verlaufen feine, in der Mitte nach vorn ausgebuchtete Linien, die auch die Dorsalfurchen schneiden und auf die Seitentheile übergehen und sich z. Th. bis zum Rande verfolgen lassen. Auf den Seitentheilen erkennt man ca. 6 schwach hervortretende gewölbte Pleuren, die bis zum Randsaum reichen. Die ganze Oberfläche ist von feinen Terrassenlinien dicht bedeckt, die von der Rhachis nach dem Rande zu ausstrahlen; die Pleuren werden schräge von ihnen geschnitten; sie sind vielfach unterbrochen, geschweift, und greifen zwischen einander ein. Die Vorder-ecken sind gerundet, mit geneigter, wenig ausgesprochener Gleitfläche, die sich mit stumpfer Kante von den Seitentheilen scheidet. Der Umschlag reicht fast bis zur Rhachis und ist mit einfachen, ziemlich groben Terrassenlinien bedeckt, von denen etwa 5—6 auf 2 mm. kommen.

Maasse in mm.

Ganze Länge	61	—	—
Länge des Kopfes	23	15	—
Breite » »	—	25	—
Länge der Glabella	—	11	—
Breite » »	9,5	8	—
Breite des Limbus	—	3	—
Grösster Abstand der Gesichtslinien von einander . .	—	10,5	—
Länge des Thorax	23	—	—
Breite » »	35	24	—
Breite der Rhachis	11	8	—
Länge des Pygidiums	23	—	21
Breite » »	35	—	34
Länge der Rhachis	19	—	19
Breite » »	9	—	9

Vorkommen. Wie schon oben gesagt, ist die typische Form bisher nur in Estland, im obern Glauconitkalk B_{2b} am Isenhof'schen Bach bei Luggenhusen und bei Reval gefunden. Die Beschreibung einer Varietät vom Wolchow folgt.

Ptychopyge truncata var. **Bröggeri** m.

T. VI, F. 5—9.

cfr. 1882. *Ptychopyge limbata* Ang. var. *incipiens* in Brögger, Etage 2 u. 3, p. 72, T. II, F. 3.

In Brögger's oben citirter Arbeit wird eine der *Pt. angustifrons* nahe stehende aber ältere (aus 3cα) Form mit Zweifel zu *Pt. limbata* Ang. gebracht, zugleich aber gesagt, dass sie vielleicht mit *As. truncatus* Nieszk. identisch sei; eine ganz identische Form habe er im Glauconitkalk am östlichen Ufer des Wolchow (Isnos gegenüber) gefunden. Prof. Brögger hat mir freundlichst die drei entsprechenden als *limbata*(?) bezeichneten Stücke vom Wolchow zugesandt. Nach genauer Untersuchung ergab sich, dass zwei ziemlich vollständige Stücke der später (Asaph. hypost., p. 33) von ihm nach Exemplaren aus dem untern grauen Orthocerenkalk von Borgholm in Oestergotland aufgestellten *Pt. cincta* nahe entsprechen (durch ein viel breiteres Pygidium von *P. angustifrons* unterschieden), auf deren Verwandtschaft mit *Pt. limbata* er a. a. O. p. 33 gleichfalls hinweist, ohne des Vorkommens am Wolchow zu erwähnen, während das dritte Stück, ein ziemlich wohlerhaltenes Pygidium, in nächster Beziehung zur echten *P. angustifrons* steht und ganz wohl mit *A. truncatus* Nieszk. verglichen werden kann. Entsprechend dem eben genannten Pygidium haben sich in letzter Zeit im Glauconitkalk am Wolchow in der Stufe des *Asaph. lepidurus* (BIIγ nach Lamanski) eine ganze Reihe ganzer wohlerhaltener Exemplare gefunden, die eine vollständige Beschreibung zulassen. Ich stütze auf diese Exemplare meine neue Varietas *Bröggeri* von *Pt. truncata* und halte es für wahrscheinlich, dass sie mit Brögger's var. *incipiens* zusammenfällt, zumal auch diese, wie aus der Beschreibung hervorgeht, gleichmässige Terrassenlinien auf dem Umschlag des Pygidiums hat und in dessen Umriss und Sculptur mit unsrer Form übereinstimmt. Von der echten *Pt. truncata* unterscheidet sich das Pygidium unsrer Form (wie schon aus der Uebersicht der Kennzeichen hervorgeht), sowie der norwegischen durch ihrem gleichmässig gerundeten Umriss, der nie so deutlich am Ende abgestutzt ist, wie bei der genannten echten *P. truncata*. Ob unsre var. *Bröggeri* wirklich mit der Brögger'schen var. *incipiens* völlig übereinstimmt, wird sich erst entscheiden lassen, wenn auch von der norwegischen Form vollständigere Exemplare vorliegen.

Der Kopf unsrer Form ist halbmondförmig, flach gewölbt, reichlich $1\frac{1}{2}$ mal so breit wie lang, vorn breit abgerundet, an den Seiten mit einem Randsaum versehen, der aber nicht so scharf abgesetzt ist, wie bei *P. angustifrons* und vorn vor der Glabella sich bis auf $\frac{1}{5}$ der ganzen Kopfhöhe erweitert; an den Hinterecken gehn die Wangen in kurze divergirende Hörner aus, die bis etwa zum dritten Leibesringe reichen. Die Glabella ist birnförmig, $1\frac{1}{4}$ mal so lang wie breit, undeutlich oder garnicht gekielt, an den Seiten mit durchscheinenden Andeutungen von Seitenfurchen versehen, die auf dem Steinkern deutlicher sind. Der Nackentuberkel ist deutlich vorhanden, die Nackenfurche in der Mitte nur schwach

angedeutet; an den Seiten wird sie deutlicher und geht in die Occipitalfurchen über, die bis zum Ende der festen Wangen zu verfolgen sind. Die Augen sind um mehr als ihre eigene Länge vom Hinterrande entfernt und fast um das Doppelte vom Vorderrande, der Höcker hinter denselben deutlich. Der hintere Zweig der Gesichtslinien verläuft wie bei allen verwandten Arten, der vordere erreicht seine grösste seitliche Ausbuchtung hinter dem Beginn des Randsaums, die Verbindungslinie dieser Ausbuchtungen schneidet den Beginn der Glabella; die Breite der festen Wangen von den Augen bis zur vordern Ausbuchtung bleibt sich ziemlich gleich, die vordere Spitze der Gesichtslinien ist kurz und breit, wie bei der Hauptform von *P. truncata*. Die Sculptur besteht in feinen concentrischen Linien auf der Glabella und in feinen Terrassenlinien längs den Wangen. Der Kopfumschlag zeigt einfache Streifung. Das Hypostoma ist nicht mit Sicherheit nachgewiesen.

Der Thorax stimmt so ziemlich mit dem von *P. angustifrons* überein; die Rhachis ist schmal; sie erreicht kaum den dritten Theil der ganzen Breite; die Pleuren enden schräg abgeschnitten, nur die vorderste erscheint schmaler und an der Vorderecke abgerundet, alles ganz wie bei *angustifrons*; auch die Form der Diagonalfurche ist ganz ebenso wie bei der letztgenannten Art, nur die Querzeichnung auf dem Innentheil der Pleuren scheint feiner und die Richtung der Linien etwas mehr nach aussen gewandt, wie wir es schon bei der Hauptform von *truncata* erwähnt haben, doch will ich auf diesen Unterschied kein grosses Gewicht legen, da ich an seiner Beständigkeit zweifle. Ebenso zeigt der (F. 9) Umschlag der Pleuren die gleiche vorspringende Spitze am innern Ende und die Pander'schen Organe mit feiner durchbohrter Spitze, ganz wie bei der ganzen Gruppe der *P. angustifrons*.

Das Pygidium zeigt im Allgemeinen den Umriss wie bei *P. angustifrons*, doch ist meist eine Neigung zur Abstutzung am Hinterrande vorhanden, die zuweilen denselben Grad wie beim echten *truncatus* erreicht (z. B. F. 6a). Der Randsaum ist immer etwas aufgeworfen, aber selten in dem Grade wie bei letztgenannter Form. Die Rhachis zeigt deutlich bis 12 Glieder und hat ein aufgeworfenes Ende. Die einzelnen Glieder sind deutlich getrennt, gewölbt, die Wölbung in der Mitte unterbrochen, auf ihrem Rücken eine fortlaufende Linie, in der Mitte mit bogenförmigem Vorsprung; die Linie schneidet die Dorsalfurche und geht auf die Seitentheile über, auf denen sie fortlaufend oder zuweilen etwas unterbrochen bis zum Rande zu verfolgen ist; zwischen die Hauptlinien schieben sich andere ein, die entweder gleichfalls bis zum Rande reichen, auf dem sie sich etwas nach vorn wenden, oder sie verlaufen quer über die meist schwach angedeuteten Pleuren (6 an der Zahl): kurz das Bild stimmt ganz mit dem von *P. angustifrons* überein. Ebenso ist die abgerundete Vorderecke des Pygidiums und die schwach geneigte Gleitfläche mit ihrer nach aussen und vorn ausstrahlenden Terrassenlinien-Zeichnung mit genannter Art übereinstimmend.

Der Umschlag ist vollkommen dem von *P. truncata* entsprechend; er reicht fast bis zur Rhachis und ist bedeckt mit einfachen, ungetheilten Terrassenlinien, die nach der Rhachis zu gröber (5—7 auf 2 mm.), nach dem Randsaum zu feiner (bis 12 auf 2 mm.) sind. Es

lassen sich hier auch bisweilen Spuren von Theilung der Streifen erkennen, namentlich bei Exemplaren, die aus dem Grenzgebiet des Vorkommens beider Formen (*P. angustifrons* und *truncata* var. *Bröggeri*) stammen und so die Verbreitung der jüngern Form aus der ältern wahrscheinlich machen. Bei solchen Stücken kommen auch Uebergänge in der Form der Glabella vor (T. VI, F. 8).

Maasse in mm.

Ganze Länge	64	—	—	—
Länge des Kopfes	23	25	23	20
Breite » »	39	43	47	36
Länge der Glabella	15	17	15	14
Breite » »	11,5	11,5	12	10
Breite des Limbus	5	4,5	5	5
Abstand der vordern Zweige der Gesichtslinien . .	15	15	15	14
Länge des Thorax	24	28	—	—
Breite » »	39	44	22	—
Breite der Rhachis	12	14	12	12
Länge des Pygidiums	23	27	23	21
Breite » »	36	39	37	33
Länge der Rhachis	18,5	23	20	17
Breite » »	9,5	11,5	10,5	9

№ 1 der Messungsliste ist das Exemplar T. VI, F. 7, № 2 gehört zu F. 5, № 3 zu F. 6 und № 4 zu F. 8.

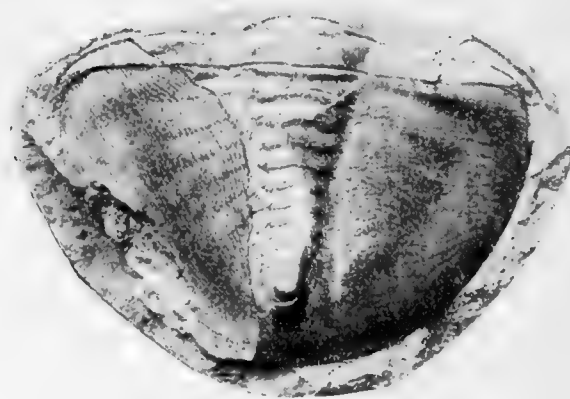
Fig. 5. *Ptychopyge truncata* var. *Bröggeri*.

Fig. 5a. Von Obuchowo am Wolchow.

Ich gebe im Folgenden noch ein Paar Figuren im Text (F. 5, 5a), welche die nahen Beziehungen von *Pt. angustifrons* zu *truncata* und dieser zu der var. *Bröggeri* illustriren.

F. 5, 5a stellt die nämliche Varietät dar mit deutlichen **einfachen** Linien auf dem Umschlag und typischer Glabella.

Vorkommen. Gar nicht selten am Wolchow bei Iswos, Obuchowo, Mysa Rogol etc. im untern Theil des Expansuskalkes B_{2b} oder genauer im Niveau des *As. lepidurus* Nieszk.— $BII\gamma$ nach Lamanski. Die Form geht aber auch, wie es scheint, in die Stufe $BIII\alpha$ über, da nach Lamanski's Bestimmung das Original der Textfig. 5 in dieses Niveau gehört. Die F. 8 auf T. VI stammt nach Lamanski aus dem Uebergangsgebiet von $BII\gamma$ zu $BIII\alpha$, daher auch die Charaktere z. Th. zu der im letztern Niveau vorherrschenden *P. angustifrons* neigen. Die Formen aus den tiefern Lagen von $BII\gamma$, wie die F. 7 auf T. VI, zeigen neben dem stärker aufgeworfenen Randsaum des Pygidiums einen kürzern und breitern Zusammenschluss der vordern Zweige der Gesichtslinien (ogive) als diejenigen aus höhern Lagen (z. B. F. 8). In Estland und Schweden ist unsre Varietät nicht beobachtet worden, ebensowenig in norddeutschen Geschieben. Die oben vielfach erwähnte entsprechende Form aus Norwegen (*P. limbata?* var. *incipiens* Brögg.) stammt aus einem dem unsern gleichwerthigen Niveau, der Stufe $3c\alpha$. Eine vollständige Darstellung derselben wäre sehr erwünscht.

Ptychopyge sp.

T. V, F. 11.

Ein der Volborth'schen Sammlung aus der Umgebung von Pawlowsk zugehöriges Hypostoma aus dem silurischen Grünsande B_{1b} , das augenscheinlich in die nächste Verwandtschaft von *P. angustifrons* gehört wegen seiner kurzen Gabelzähne, deren Länge kaum die Hälfte der Länge des elliptischen Mittelkörpers erreicht, sowie wegen des gleichartigen Verhaltens der Vorderflügel und des Randsaums. Es weicht aber von allen Formen dieser Art ab durch den nach hinten stark erweiterten Randsaum und die in Folge davon ebenfalls sehr verbreiterte und vorn abgerundete Einbuchtung zwischen den Gabelzähnen. Es ist dieses Hypostoma einstweilen die einzige Spur vom Vorkommen eines Vertreters der Gattung *Ptychopyge* in so tiefem Niveau. Aus der Stufe B_{2a} sind andere Bruchstücke vorhanden, aber keines, das zur Bestimmung einer Art genügt.

Ptychopyge cincta Brögg.

T. VIII, F. 1—9, T. VII, F. 8.

- 1854. *Megalaspis excavato-zonata* Ang. pal. scand. p. 54, T. 29, F. 4.
- 1882. *Ptychopyge limbata* Ang.? in Brögg. Etage 2 u. 3, p. 72 ex. pt.
- 1886. » *cincta* Brögg. Asaph. hyp. p. 33 (exc. F. 12a).
- 1898. » *excavato-zonata* F. Schmidt. Revis. d. ost-balt. Tril. V, Lief. 1, p. 30, F. 5.
- 1901. *Ptychopyge cincta* Lindstr. Research. vis. org. of Trilob. p. 69, T. 6, F. 37—39.

Gegenwärtig habe ich die Brögger'sche Bezeichnung *P. cincta* doch der ältern Angelin'schen vorgezogen, weil sie sicherer ist und sich namentlich durch die Lindström'sche Arbeit schon weiter verbreitet hat. In meiner Uebersicht unsrer Asaphiden l. c. p. 30 habe ich auch die *Niobe Lichtensteinii* Eichw. Leth. ross. anc. per. p. 1465, T. 53, F. 8 hierher gezogen. Nach genauerer Untersuchung des Originals ergibt sich aber, dass dieses (ein sehr mangelhaftes Exemplar) eher einer Varietät der *Ptychopyge truncata* angehört. Eichwald citirt aber (l. c.) hierher ein Pygidium vom Südrande des Ladogasees, das in A. Brogniart crust. foss. T. 4, F. 5 abgebildet ist und augenscheinlich wirklich *P. cincta*. Es ist allerdings nur mangelhaft erhalten, was schon aus der Tafelerklärung p. 145 ersichtlich ist, wo es mit einem Pygidium von *Agnostus* verglichen wird.

Bei uns hat zuerst Brögger die vorliegende Art 1880 am Wolchow gefunden und sie in seiner frühern Arbeit über die Etage 2 und 3 im Christianiagebiet p. 72 zunächst mit *Pt. limbata* Ang. und *Asaphus truncatus* Nieszk. verglichen. Ich habe oben unter *P. truncata* var. *Bröggeri* darauf hingewiesen, dass unter den Brögger'schen Stücken vom Wolchow nur ein wohlerhaltenes Pygidium zu der genannten Art gehört, während zwei nahezu vollständige Exemplare sich als zu *P. cincta* gehörig erwiesen. Bei der Aufstellung von *P. cincta* in Asaph. hypost. p. 33 hat er allerdings der möglichen Beziehungen zu *P. limbata* Ang. erwähnt, ohne aber auf die frühere oben citirte Angabe in Etage 2 u. 3 und auf ihr Vorkommen bei uns hinzuweisen. Durch Prof. G. Holm erhielt ich schon vor längerer Zeit Pygidien aus Schweden, die nach Brögger als *P. cincta* bestimmt waren und in der Sammlung der Akademie der Wissenschaften in Stockholm sah ich mehrere vollständige Exemplare aus Oestergötland von Kungs Norby, die ich daselbst als *P. cincta* Br. bestimmte. Nach diesen hat auch Lindström die auf seine Veranlassung von Liljevall herauspräparirten Hypostomen als solche von *cincta* bestimmt. Anfangs schien mir ihre von *Pt. angustifrons* scheinbar stark abweichende Form ihre nahe Verwandtschaft mit dieser Art zweifelhaft zu machen, nachdem ich aber durch die Gefälligkeit von Prof. Holm (F. 3, 4) die Originalpräparate zur Ansicht erhalten hatte, liess sich doch die nahe Verwandtschaft der beiden genannten Arten wieder herstellen, wenn sich auch die Darstellung des Hypostoma von *P. cincta* bei Brögger in As. hypost. F. 12 als Irrthum erwies.

Der Kopf ist mässig gewölbt, vorn abgerundet bis dreiseitig, weniger als 2 mal so breit wie lang, die Seiten gewölbt, die Hinterecken in mässige, wenig divergirende Spitzen ausgezogen. Am Vorderrande ein schmaler Randsaum (etwa $\frac{1}{5}$ der Länge des Kopfes), der sich bisweilen auch über die Seitenränder hinzieht. Die Glabella ist birnförmig, etwa $\frac{3}{4}$ so breit wie lang, ihr vorderer Theil erhebt sich in mässiger Wölbung; ihre Seiten convergiren stark nach hinten, indem sie in ihrem hintern Theil von den tiefen hintern Seitenfurchen begrenzt erscheint (F. 1, 2). Nach der kaum angedeuteten Nackenfurche zu flacht sie sich vollständig ab; die Basalloben und echten Dorsalfurchen sind nur an Steinkernen deutlich vorhanden. Die vordern Seitenfurchen sind als durchscheinende horizontale Flecken an wohlerhaltenen Exemplaren oder an Steinkernen als kleine Wulste angedeutet. Der feine

Nackentuberkel ist an der Grenze der kaum vorhandenen Nackenfurche deutlich zu sehn. Am Beginn der Occipitalfurche erhebt sich vorn, gleich hinter dem Auge, ein stark markirter Höcker oder eine kurze erhabene Leiste, die den Vorderrand des hintern Zipfels der festen Wangen einnimmt. Bis zum Ende dieses Zipfels reicht auch die flache und breite Occipitalfurche.

Die Augen sind mässig gross, mit ansteigendem Augendeckel. Ihre Entfernung vom Hinterrande beträgt etwas weniger als ihre Länge, vom Vorderrande sind um das $1\frac{1}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ fache ihrer Länge entfernt. Bei schwedischen Exemplaren sind die Augen etwas grösser und ihre Entfernung vom Vorder- sowie vom Hinterrande ist geringer. Die Gesichtslinien verlaufen in ihrem hintern Zweige zunächst fast geradlinig und biegen sich dann in einem Bogen schräg nach hinten, um so den Hinterrand zu erreichen. Der vordere Zweig wendet sich zuerst fast geradlinig nach aussen und vorn, wendet sich dann in steilem Bogen in etwas über einem rechten Winkel nach innen und erreicht in ausgeschweiffter Linie den Vorderrand, wobei die beiderseitigen Aeste sich in kurzer dreiseitiger Spitze (en ogive) vereinigen. Die Oberfläche des Kopfes erscheint meist ganz glatt, die Grenze des Umschlages verläuft parallel dem Aussenrande in einiger Entfernung vom Auge und ist immer deutlich markirt.

Der Umschlag (F. 3) selbst ist scharf, in der Mitte abgeflacht und etwas ausgehöhlt, an den Seiten aufwärts gewandt, die ganze Oberfläche mit ziemlich groben, einfachen Terrassenlinien bedeckt. Das Hypostoma (F. 4) ist in einen flachbogigen Ausschnitt eingefügt. Mir liegt ein einzelnes Stück aus der Volborth'schen Sammlung von der Popowka bei Pawlowsk vor, das vollständig den Lindström'schen Präparaten der *Pt. cincta* entspricht, die mir Dank der Gefälligkeit von Prof. G. Holm zum Vergleich vorliegen. Die Stücke, von denen die Präparate stammen, waren früher, wie auch Lindström erwähnt, von mir als *P. cincta* Brögger bestimmt worden, von einem solchen stammt auch meine Fig. 4. Das Hypostoma stimmt, wie schon früher erwähnt, im Ganzen mit dem Typus von *P. angustifrons* gut überein. Es zeigt steil aufgerichtete grosse Vorderlappen, tiefe Seitenfurchen, deutliche erhabene Maculae und verhältnissmässig kurze und breite Gabelspitzen, die aber merklich länger als bei der erwähnten typischen Art sind, indem sie fast die Länge des Mittelstückes erreichen, das seinerseits fast quadratisch mit abgerundeten Ecken ist, während es bei *angustifrons* mehr von oblonger, nach vorn verjüngter Form erscheint.

Der Thorax zeigt eine schmale gewölbte Rhachis, deren Breite kaum $\frac{1}{3}$ der Breite des ganzen Thorax ausmacht. Die Rhachisglieder zeigen die schwache Andeutung der gewöhnlichen ziemlich feinen bogenförmigen Terrassenlinien, aber keine sonstigen Ornamente. Die vordere Gelenkfurche ist flach, die einzelnen Glieder erheben sich im ausgestreckten Zustand dachziegelig über einander. Die Dorsalfurchen sind tief, die Pleuren sind bis zum Fulcrum horizontal, nachher schräg abwärts gewandt; die vordersten Glieder enden schräge abgeschnitten, die hintern convex, mit scharfer, etwas nach hinten (F. 5) ausgezogener Spitze. Vom Fulcrum bis zur hintern scharfen Spitze verläuft ein scharfer erhabener Kamm,

von dem auf die vordere Gleitfläche ziemlich dicht gestellte feine, nach vorn und aussen gewandte Terrassenlinien ausstrahlen. Der hintere Theil der Pleuren zeigt keinerlei Streifung darin, abweichend von *P. angustifrons* und *truncata*. Die Pleurenfurche hat die für die Gruppe typische abgekürzte kahnförmige Form. Der Umschlag der Pleuren ist ziemlich grob, quer gestreift, er zeigt die Pander'schen Organe und den für die ganze Gruppe charakteristischen convex vorspringenden (nicht spitz, wie bei *P. angustifrons*) Innenrand des Umschlags (F. 7), von dem noch ein schmaler Fortsatz längs dem Hinterrande der Pleure ausgeht.

Das *Pygidium* ist schon 1854 von Angelin T. 29, F. 3 als *Megalaspis excavato-zonata* abgebildet worden. Es unterscheidet sich von dem des *P. angustifrons* deutlich durch seinen regelmässigen halbkreisförmigen Umriss mit aufgeworfenem, nach innen ausgehöhlten Randsaum. Die Rhachis besteht aus etwa 10 Gliedern, ihr Ende ist nicht aufgeworfen, wie bei der genannten Art. Ihre Breite am vordern Ende erreicht fast die Hälfte der Länge. Pleurenfalten sind ausser der vordersten nur ganz undeutlich vorhanden. Von den einzelnen Rhachisgliedern gehn feine Streifen über die deutliche Dorsalfurche auf die Seitentheile hinüber, an die sich feine Terrassenlinien anschliessen, die ausserdem in grösserer Zahl vom Randsaum nach innen gehn, aber nie den ganzen Raum der Seitentheile so ausfüllen, wie bei *P. angustifrons*. Es bleiben meist immer den Zwischenräumen zwischen den Pleuren entsprechende freie Stellen übrig. In F. 8 auf T. VII ist aber ein nach seiner Form augenscheinlich hierher gehöriges *Pygidium* abgebildet, das in seiner Sculptur ganz mit *angustifrons* stimmt. Die vordere Gleitfläche des *Pygidiums* entspricht vollkommen den Thoraxpleuren: wir sehen die abgerundete Vorderecke, die geneigte Gleitfläche mit nach vorn und aussen ausstrahlenden Terrassenlinien, dahinter den erhabenen, hier allerdings mehr abgerundeten Kamm und dahinter die wenig vertiefte Furche, die nicht bis zum Randsaum reicht.

Der *Umschlag* (F. 9) reicht nicht so nahe an die Rhachis, wie bei *angustifrons* (wie schon früher hervorgehoben wurde), sondern nur wenig über das Ende derselben hinaus und lässt jederseits von ihrem vordern Theil ein dreiseitiges Feld frei. Die Terrassenlinien sind ziemlich fein, aber doch viel gröber als bei *angustifrons* und durchaus gleichmässig; es kommen nahe am Rande etwa 8 auf 2 mm.

Maasse in mm.

Länge des Kopfes	23	20	21	19	—	—	—
Breite » »	42	37	38	—	—	—	—
Länge der Glabella	16	—	15	13	—	—	—
Breite » »	12	11	11	10	—	—	—
Abstand der vordern Zweige der Gesichtslinien	17	16	—	14	—	—	—
Länge des vordern Randsaumes .	—	4	—	3,5	—	—	—

Breite des Thorax	41	—	36	—	—	—	—
Breite der Rhachis	13	—	11	10	—	—	—
Länge des Pygidiums	—	19,5	22	19	18	14	10
Breite » »	—	—	35	31	28	24	16
Länge der Rhachis	—	17	16	14,5	14	12	9
Breite am Vorderrande	—	9	10	8	7	7	4,5

Vorkommen. Im Petersburger Gouvernement am Wolchow bei Iswos und Obuchowo in der Stufe B_{2b} ($BIII\alpha$ nach Lamanski), ebenso an der Lawa bei Wassilkowo und bei Pawlowsk an der Popowka (Volb. Sammlung). Auswärts in Schweden: in Oestergotland bei Borghamn nach Brögger und bei Kungs Norby bei Husbyfjöl in der Sammlung der Stockholmer Akademie, auf Oeland der Originalfundort von Angelin's *Megalaspis excavatozonata*. In Norwegen im schwarzen Orthocerenkalk bei Storhammar von G. Holm gefunden. In Estland und aus Geschieben bisher nicht bekannt.

Ptychopyge Plautini m.

T. VII, F. 3, 4, 5, 6.

1898. *Ptychopyge limbata* Ang.? in F. Schmidt, Revis. ost-balt. Trilob. Abth. V, Lief. 1, p. 31 ex. p.

Es liegen uns vier mehr oder weniger unvollständige Exemplare aus drei ganz verschiedenen Fundorten vor, die ich früher glaubte mit der *Ptychopyge limbata* Ang. in Verbindung bringen zu können, deren Original im Stockholmer Museum leider nicht mehr vorhanden ist. Die gestreckte und gewölbte Form des Körpers, sowie die parabolische Form des gewölbten Pygidiums mit seinen starken Rippen, sowie die abgeschnittenen Pleurenenden sprechen dafür, doch werden die in der Angelin'schen Abbildung wiedergegebene Form des hintern Zweiges der Gesichtsnaht und der Mangel des charakteristischen spitzen Höckers hinter den Augen in der Abbildung, der bei unsern Stücken deutlich vorhanden ist, ebenso viel Gegengründe gegen die erwähnte Bestimmung, so dass ich mich entschloss von derselben abzusehen und die Art nach dem um unsre Trilobitenkunde so vielfach verdienten General Plautin *Ptychopyge Plautini* zu nennen, zumal wir auch zwei der wenigen Exemplare unsrer Art (von Putilowo F. 4 u. 5) seinem Sammeleifer verdanken und uns zwei andere Arten vom Wolchow vorliegen, die nach ihren Charakteren der echten *P. limbata* Ang., zu der wir früher unsre Art brachten, noch näher zu stehen scheinen.

Der ganze Trilobit ist gestreckt, von elliptischer Form, $2\frac{1}{2}$ mal so lang wie breit, ziemlich hoch gewölbt. Der Kopf gerundet, dreieckig, mit convexen Seiten, nicht ganz noch einmal so breit wie lang, an den Hinterecken in kurze Hörner ausgezogen, längs dem ganzen Vorderrande von einem schmalen (etwa $\frac{1}{5}$ von der ganzen Länge) mehr oder weniger

deutlich abgesetzten Limbus umgeben. Die Glabella ist länglich oval, vorn abgerundet, etwa $1\frac{1}{2}$ mal so lang wie breit, vorn gewölbt, hinten abgeflacht, am Grunde mit einem feinen Nackentuberkel am Vorderrande der schwach angedeuteten Nackenfurche versehen, die sich seitlich in die deutlich vertieften Occipitalfurchen fortsetzt. An der Innenseite der schwach convergirenden und fast parallelen Dorsalfurchen sieht man besonders an Steinkernen zwei vertical gestellte längliche Erhöhungen (F. 3), die den Basalloben der Glabella zu entsprechen scheinen; vor ihnen sieht man Spuren der vordern Seitenfurchen. Ihnen gegenüber stehn die für die Gruppe bezeichnenden scharfen Höcker am Beginn der Hinterlappen der festen Wangen (F. 4), die sich in einen erhabenen Wulst längs dem Vorderrande dieser Hinterlappen fortsetzen. Der Vertikaldurchmesser der Augen ist etwas grösser als deren Abstand vom Hinterrande des Kopfschildes; ihr Abstand vom Vorderrande beträgt etwas weniger als das Doppelte des genannten Durchmessers. Der Verlauf der Gesichtslinien lässt sich an unsern Stücken nur am hintern Zweige vollständig verfolgen, er geht, wie gewöhnlich, zuerst fast horizontal nach aussen (F. 3), um sich dann in schrägem nach hinten und aussen geschwungenem Bogen nach der Occipitalfurche zu wenden und diese in gleicher schräger Richtung zu schneiden. Den Verlauf des vordern Zweiges können wir nur an der rechten Seite der F. 3 und an F. 6 verfolgen: er geht fast geradlinig vom Auge nach vorn und aussen, biegt sich dann steil um und verläuft fast parallel dem Vorderrande des Kopfes, um in dessen Mitte sich mit dem gegenüberliegenden Ast in stumpfem Winkel zu vereinigen. Die Oberfläche zeigt eine deutliche dichte concentrische Zeichnung von Terrassenlinien auf der Glabella und auf den Wangen eine ähnliche netzförmige verzweigte Zeichnung, die sehr an eine solche bei *P. truncata* erinnert. Der Umschlag ist scharf und bildet augenscheinlich einen flachen Saum, von dem er sich bis an die auf der Oberfläche markirte Grenze erhebt. Er zeigt mässig feine einfache Terrassenlinien, von ähnlicher Beschaffenheit, wie am Pygidium. Das *Hypostoma* ist zur Zeit unbekannt.

Der Thorax ist etwa $1\frac{1}{2}$ mal so breit wie lang; die Rhachis gewölbt, von stark markirten Dorsalfurchen begrenzt, etwas schmaler als die Seitentheile, die bis zum Fulcrum horizontal verlaufen, dann steil abwärts gewandt sind. Die Pleuren am Ende schräg abgeschnitten, die hintern etwas vorgezogen, die Pleurenfurche ist tief und nimmt auf dem horizontalen Theil derselben fast die ganze Breite ein, am abwärts gewandten Theil endet sie bald in einer stumpfen Spitze, indem der ihren Vorderrand bildende scharfe Kiel sich nach hinten allmählig verliert und in die den Hinterrand der Gleitfläche bildende scharfe Linie übergeht; vom Hinterrand der Furche kommt ihm eine schwächere Rippe entgegen und bildet mit ihm den für die ganze Gruppe charakteristischen kahnförmigen äussern Abschluss der Pleurenfurche. Die Oberfläche des Thorax zeigt auf der Rhachis die gewöhnlichen kräftigen, bogenförmigen concentrischen Terrassenlinien und ausserdem bisweilen auf jedem Gliede paarige Tuberkel. Die Pleuren zeigen quer über die Furche nach aussen und vorn verlaufende kräftige Terrassenlinien, an deren Stelle auf der Gleitfläche von ihrer Grenzrippe und ihr fast parallel einige nach aussen gerichtete Linien ausstrahlen. Der Umschlag

der Pleuren zeigt kräftige, schräg nach hinten und aussen verlaufende Terrassenlinien; die innere Begrenzung ist nicht deutlich, doch scheint sie vorzuspringen; die Pander'schen Organe erscheinen im Abdruck deutlich vertieft und scheinen an der Spitze durchbohrt zu sein.

Pygidium gewölbt, parabolisch bis stumpf dreiseitig oder etwas abgestutzt, $1\frac{1}{2}$ mal so breit wie lang. Rhachis schmal, 2 mal so lang wie breit, gewölbt, scharf hervortretend, etwa 12gliedrig, die ersten 7—8 Glieder deutlich markirt und durch geschwungene Linien getrennt, die hintern undeutlich, das Ende etwas aufgeworfen, die Seitentheile mit 7—8 scharf hervortretenden, auf dem Rücken gerundeten Pleuren-Rippen versehen, die an Länge nach hinten zu abnehmen, die hintersten fast gerade nach hinten gewandt. Die Rippen reichen bis zu einem mehr oder weniger deutlich abgesetzten, aber in der Wölbung einbe-griffenen flachen Randsaum, der fast die Breite der Rhachis hat. Die ganze Oberfläche der Seitentheile von kräftigen, schräg nach aussen und vorn gewandten Terrassenlinien bedeckt, die nur in den Thälern zwischen den Pleuren verschwinden, aber dagegen auch den ganzen Randsaum einnehmen. Die Vorderecken sind abgerundet, die Gelenkfacette nach vorn abwärts geneigt, fast den Aussenrand erreichend, auf der Oberfläche längs gestreift, entsprechend den Gleitflächen der Thoraxpleuren. Der Umschlag (F. 3) reicht bis zum Ende der Rhachis und biegt sich von hier seitwärts jederseits von der Rhachis ein dreieckiges Feld freilassend. Die Streifen sind gleichmässig, ziemlich kräftig, etwa 8 auf 2 mm. bei dem vollständigsten Stücke.

Maasse in mm.

Ganze Länge	50,5	55	—	—
Länge des Kopfes	17,5	18	18	—
Breite » »	29	—	29	—
Länge der Glabella	13	—	13	—
Breite » »	8,5	—	9	—
Länge des Limbus	3,5	—	3	—
Abstand der vordern Zweige der Gesichtslinien .	—	—	11	—
Breite des Thorax	29	31	28	—
Länge » »	19	19	—	—
Breite der Rhachis	9	9	9	—
Länge des Pygidiums	17	19	—	22
Breite » »	24	26,5	21	35
Länge der Rhachis	14	16	—	19
Breite am Grunde	7	8	7,5	9

Vorkommen. Bei uns selten in den obern Schichten des Glauconitkalkes B_{2b} oder $B_{II\beta}$ — γ nach Lamanski, in denen bisher drei ganze Exemplare und ein isolirtes Pygidium gefunden sind. Ein ganzes Exemplar und das Pygidium stammen von Putilowo

(F. 4 u. 5). Das vollständigste von Joa-Weske im Loopsschen Bache in Estland, aus der Palmschen Sammlung des Baron v. d. Pahlen (F. 3) und die F. 6 aus gleichem Niveau von Carrol in Estland, durch Herrn Arved v. Wahl gefunden. Auswärtig und in Geschieben nicht vorgekommen. Die Exemplare 3 u. 6 gehören näher zusammen.

Ptychopyge Wöhrmanni n. sp.

T. VII, F. 2, 2a.

Die vorliegende Art haben wir nur in einem einzigen Exemplar erhalten, das auf einer Excursion am Wolchow vom damaligen Custos unsres akademischen Geologischen Museums Dr. Sydney v. Wöhrmann gefunden wurde und daher verdient seinen Namen zu tragen. Die Art nähert sich, wie die vorige, in manchen Stücken der verloren gegangenen *P. limbata* Ang., namentlich durch das Fehlen des Höckers hinter den Augen, die stark geneigte Form des hintern Zweiges der Gesichtsnaht und die allgemeine Form des Pygidiums, weicht aber wiederum durch die stärker vorgezogenen Pleuren des Thorax und die viel gröbern Streifen am Umschlag des Pygidiums davon ab. Eine besondere Eigenthümlichkeit unsrer Art scheint die auffallend dünne Schaaale zu sein.

Das Kopfschild ist dreieckig, mässig gewölbt, ringsum mit einem schmalen Randsaum versehen, an den Ecken in etwas divergirende Spitzen ausgezogen, die sich in stumpfem Winkel an den Hinterrand ansetzen, etwa $1\frac{1}{2}$ mal so breit wie lang. Der Randsaum flach, schmal, an den Seiten durch eine deutlich abgesetzte Furche von den Wangen getrennt, die vorn vor der Glabella verschwindet, so dass nur ein dreiseitiges abgeflachtes Feld vor ihr erscheint, dessen Höhe etwa $\frac{1}{5}$ der ganzen Höhe des Kopfschildes ausmacht, die Glabella schwach gewölbt, oblong, an den Seiten zwischen den Augen etwas eingeschnürt, ohne Spuren von Seitenloben, fast noch einmal so lang wie breit, ohne deutliche Nackenfurche, während die Dorsalfurchen von den Augen nach hinten deutlich divergiren und die wohl ausgebildete Occipitalfurche schneiden. Die Augen stark nach vorn gerückt, klein, mit flachem Deckel, um ihre eigene Länge vom Hinterrande abste hend. Der hintere Zweig der Gesichtslinien biegt sich, wie schon oben erwähnt, von vorn herein in einem Bogen nach hinten und aussen und schneidet den Occipitalring in wenig mehr als $\frac{1}{3}$ der Entfernung der Hinterecke von der Dorsalfurche; der vordere Zweig wendet sich zuerst fast geradlinig nach aussen und vorn bis etwas über die Höhe des Vorderrandes der Glabella, biegt sich hier fast in rechtem Winkel nach innen und vorn um und nähert sich dabei auf dem Randsaum immer dem Vorderrande, den er in seiner Mitte erreicht, indem er mit dem gegenüberliegenden Zweige einen stumpfen Winkel bildet, der hintere Lobus der festen Wangen zeigt nicht die gewöhnliche Anschwellung an seinem Vorderrande gleich hinter den Augen, wohl aber eine schwache längliche Anschwellung auf seiner Oberfläche, die parallel der Dorsalfurche längs deren Aussenseite sich hinzieht. Auf der Oberfläche des Kopfes ist keinerlei Verzierung zu bemerken.

Vom Kopfumschlag und vom Hypostoma ist bei unsrem Exemplare nichts zu sehn.

Der Thorax zeigt eine stark gewölbte, ziemlich schmale Rhachis, die nur $\frac{1}{3}$ der Gesamtbreite des Thorax einnimmt: sie zeigt auf ihren sonst unverzierten Gliedern zwei deutliche feine Tuberkel. Die Pleuren verlaufen bis zum Fulcrum horizontal, von hier allmählig nach aussen geneigt; sie enden in nach hinten vorgezogenen Spitzen, die Diagonalfurche hat die gewöhnliche Form; über die Zeichnung der Pleuren kann ich nach unsrem Exemplar nichts Näheres sagen.

Das Pygidium ist parabolisch, etwa $1\frac{1}{2}$ mal so breit wie lang, flach gewölbt, mit abgesetztem, flachen Randsaum, auf den Seitentheilen 6 flache, gerundete Pleuren, die bis zum Randsaum reichen. Die Rhachis besteht aus 10—12 Gliedern und ist etwas mehr wie noch einmal so breit (am Vorderrande) wie lang. Die Oberfläche mit feinen Terrassenlinien bedeckt, die am Aussenrande beginnen und sich über die Seitentheile hin zu ziehen scheinen. Der Umschlag grob gestreift, lässt augenscheinlich zu beiden Seiten der Rhachis ein dreiseitiges Feld frei.

Maasse in mm.

Länge des Kopfes	25
Breite » »	37
Länge der Glabella	19
Breite » »	11
Länge des Limbus	4
Abstand der vordern Zweige der Gesichtslinien von einander. .	16
Breite des Thorax	34
Breite der Rhachis	11
Länge des Pygidiums	23
Breite » »	34
Länge der Rhachis	20
Breite » »	9

Vorkommen. Bei Obuchowo am Wolchow ein Exemplar 1898 im Niveau des *Asaphus expansus* B_{2b} oder nach Lamanski $BIII\alpha$ gefunden.

Ptychopyge Knyrkoi n. sp.

T. VII, F. 1, 1a.

Am nämlichen Ort am Wolchow, aber in etwas tieferem Niveau fand unser Sammler O. Knyrko ein nicht ganz vollständiges Exemplar, das sich in manchen Stücken von der vorigen Art unterscheidet und daher einen neuen Namen erhalten muss.

Unser Exemplar ist viel grösser als das der vorigen Art; seine dünne Schale fällt ebenso in die Augen, wie bei dieser. Der vorderste Theil des Kopfes fehlt, es lässt sich

aber schliessen, dass sein Umriss vorn abgerundet war und die Breite etwa die doppelte Länge betrug. Der Randsaum ist als solcher nicht ausgebildet; die Hinterecken sind in Spitzen ausgezogen, die mit dem Hinterrande einen zusammenhängenden Bogen bilden. Die nach vorn gerückte Lage der Augen entspricht der vorigen Form, ebenso der nach hinten gewandte Verlauf des hintern Zweiges der Gesichtsnath, die wie gewöhnlich am Hinterrande ausmündet, in der Mitte zwischen der Hinterecke und der Dorsalfurche. Auf der Innenseite des hintern Lappens der festen Wangen erkennt man eine längliche Schwiele, die längs der Aussenseite der Dorsalfurche sich erhebt. Andeutungen von Loben sind an der Glabella vorhanden, sowohl von Basal- als vordern Loben, aber nicht ganz deutlich. Der Nackenring ist nur schwach von der Glabella geschieden.

Der Thorax ist flacher und breiter als bei der vorigen Art. Er ist $3\frac{1}{2}$ mal so breit wie die wenig vortretende Rhachis. Die Pleuren sind spitz ausgezogen (nicht hakenförmig nach hinten vorspringend, wie bei der vorigen Art) und zeigen die grobe aus schräg verlaufenden Linien bestehende Zeichnung auf dem Umschlage.

Das Pygidium stimmt mit dem der vorigen Art nahe überein. Es ist parabolisch, etwa $1\frac{1}{3}$ mal so breit wie lang, flach gewölbt, der Randsaum breit, nicht abgesetzt, Vorderecken gerundet. Die Seiten schmal, mit 6—7 flachen Rippen, die bis zum Randsaum reichen. Ihr innere Theil flach, der äussere abwärts gebogen. Die Rhachis tritt wenig hervor; sie besteht aus 10—12 Gliedern, von denen die hintern undeutlich werden. Ihre Breite am Grunde kommt noch nicht der halben Länge gleich. Die Oberfläche von feinen, geschwungenen Terrassenlinien bedeckt, die vom Rande beginnend schräge über die Seitentheile hinweglaufen. Der Umschlag breit, grob gestreift (etwa 3 Streifen auf 2 mm.). Sein Innenrand begrenzt die ebene Fläche zu den Seiten der Rhachis. Bei der dünnen Beschaffenheit der Schaale lässt sich der Umschlag auch auf der Oberfläche erkennen.

Maasse in mm.

Länge des Kopfes	23—25
Breite » »	52
Länge der Glabella	19
Breite » »	14
Breite des Thorax	51
Breite der Rhachis	15
Länge des Pygidiums	36
Breite » »	50
Länge der Rhachis	30
Breite » »	13

Vorkommen. Am Wolchow bei Obuchowo in der Stufe *BII* im Niveau des *As. lepidurus*, in einem einzigen, nicht ganz vollständigen Exemplar gefunden.

Ptychopyge Pahleni m.

T. VI, F. 9, 10, 11.

1898. *Ptychopyge limbata* Angelin? in F. Schmidt. Revis. d. ost-balt. Trilob. Abth. V, Lief. 1, p. 31 ex. pt., F. 6.

In der ersten Lieferung meiner Asaphiden habe ich, wie oben angemerkt, die beiden Arten *P. Pahleni* m. und *Plautini* m. unter dem fraglichen Namen *P. limbata* Ang. vereinigt, den ich jetzt aufgeben muss, weil doch zu wenig sichere Daten für die Identificirung vorhanden waren. Waren doch auch bei den zwei jetzt aufgestellten neuen Arten *P. Wöhrmanni* und *Knyrkoï* ebenfalls einige Anhaltspunkte für Vergleichung mit der apocryphen *P. limbata* vorhanden. Die beiden Arten *P. Plautini* und *Pahleni*, die ich früher vereinigt hatte, zeigen allerdings, namentlich im Pygidium, nahe Uebereinstimmung, auch der Thorax weist einige Uebereinstimmung auf, aber die abgerundete Form des Kopfschildes, die deutliche Ausprägung der Segmente an der Glabella und der hart am Vorderrande des Kopfes verlaufende vordere Zweig der Gesichtsnath, scheinen mir doch genügende Gründe unsre Art einstweilen gesondert zu behandeln.

Sie gehört ebenso wie ihre oben erwähnte Verwandte zu den seltensten Vorkommnissen unsrer Silurfauna, indem wir ausser einem als Geschiebe gefundenen vollständigen Abdruck nur ein wohlerhaltenes, mit dem ersten übereinstimmendes, leider nicht vollständiges anstehendes Exemplar und ausserdem ein etwas abweichendes Kopfschild zur Verfügung haben.

Das **Kopfschild** ist flach gewölbt, vorn gerundet, halbkreisförmig, nur am Vorderrande mit einem schmalen Randsaum versehen, an den Hinterecken in kurze Spitzen ausgezogen, reichlich $1\frac{1}{2}$ mal so breit wie lang. Die Glabella tritt in mässiger Wölbung hervor; sie ist von oblonger Form, zwischen den Augen etwas ausgerandet, $1\frac{1}{2}$ mal so lang wie breit, am Grunde mit einem feinen Tuberkel versehen, der an der Grenze der schwach ausgeprägten Nackenfurche erkennbar ist. Zwischen den Augen ist eine deutlich nach hinten und innen gerichtete hintere Seitenfurche zu erkennen (F. 9, 10), die den vordern Rand des flachen Basallobus bildet, der in der Seite von der etwas auswärts gewandten Dorsalfurche, hinten von der hier stärker werdenden Nackenfurche begrenzt ist. Vor der hintern Seitenfurche lassen sich zwei vordere horizontal verlaufende Furchen erkennen (F. 9). Die Augen sind klein, mit ansteigendem Augendeckel; sie sind um ihre eigene Länge vom Hinterrande entfernt, vom Vorderrande fast um das Doppelte. Am Beginn des hintern Lappens der festen Wangen erhebt sich der für *Ptychopyge* sens. str. bezeichnende spitze Höcker; die Occipitalfurche ist deutlich und reicht bis zur Ausmündung des hintern Zweiges der Gesichtslinien in der Mitte des Hinterrandes. Dieser hintere Zweig verläuft, wie gewöhnlich, fast parallel dem Hinterrande und wendet sich dann in einem Bogen steil nach hinten. Der vordere Zweig der Gesichtslinie wendet sich zuerst in einem Bogen nach vorn und aussen, bis er die Höhe des vordern convexen Randes der Glabella erreicht, um sich dann ganz in

der Nähe des Vorderrandes sich ihm immer nähernd zu halten, wo dann die beiden gegenüberstehenden Zweige sich unter stumpfem Winkel vereinigen, ohne eine vorspringende Spitze (en ogive) zu bilden, wie bei verwandten Arten. An den Seiten der Glabella vor und hinter den Augen macht sich ein dreieckiges Feld auf den Wangen bemerklich (F. 9, 10), das die obere Grenze des Kopfumschlages durch eine seichte Furche markirt. Sowohl innerhalb als ausserhalb dieser Furche sieht man schwache Strahlen nach dem Aussenrande zu verlaufen. Die Oberfläche des Kopfes ist glatt, mit feinen zerstreuten eingedrückten Punkten versehen.

Der **Kopfumschlag** verläuft parallel der Glabella an deren Seiten; er ist mit dichten Terrassenlinien bedeckt, von denen ähnlich wie beim Umschlag des Pygidiums etwa 8 auf 2 mm. kommen (F. 10a). Das **Hypostoma** ist unbekannt.

Der **Thorax** zeigt deutliche Dorsalfurchen und eine mässig erhabene Rhachis, die in ihrer Breite fast den Pleuren gleichkommt. Die einzelnen Glieder mit bogenförmigen Terrassenlinien bedeckt. Der innere Theil der Pleuren bis zum Fulcrum ist horizontal, der äussere schräg geneigt. Die Pleurenenden erscheinen vorn abgerundet, am hintern Ende nach hinten vorgezogen, an den Seiten schräge abgeschnitten. Die Diagonalfurche erscheint verhältnissmässig kurz und kahnförmig, indem vom hintern Rande der Pleure sich kurze Terrassenlinien erheben, die mit der Diagonalrippe der Pleure spitze Winkel bilden, welche die Diagonalfurche nach aussen abschliessen. Vom Ende der Furche lässt sich die Rippe als erhabene Linie noch bis zum hintern Ende der Pleure verfolgen. Die Vorderseite des Aussentheils der Pleure bildet die Gleitfläche derselben, auf der von der Diagonalrippe ausgehend einige horizontale, etwas verästelte Terrassenlinien zu erkennen sind. Vom Umschlage der Pleuren ist an unsern Stücken nichts zu sehn.

Das **Pygidium** flach gewölbt, parabolisch, etwa $1\frac{1}{4}$ mal so breit wie lang; die Rhachis noch einmal so lang wie breit, aus ca. 12 Gliedern bestehend, die deutlich von einander geschieden sind. Die Seitentheile mit ca. 8 schwach hervortretenden Pleuren, die nur die Hälfte ihrer (der Seitentheile) Breite einnehmen. Der innen flache Theil derselben zeigt schärfere Pleuren, die durch 2 zur Rhachis convergirende schwache Rippen begrenzt werden, die zugleich, wie bei *Basilicus*, die Grenze des Umschlages angeben. Die Vorderecken des Pygidiums gerundet, sie wiederholen die Form der Gleitfläche der Thoraxglieder.

Die Oberfläche dicht mit geschweiften Terrassenlinien bedeckt, welche die Pleurenrippen schräge schneiden, am Rande sind sie fortlaufend, von den Pleuren unterbrochen, da die Pleurenfurchen ungestreift erscheinen. Der Umschlag reicht bis zum hintern Theil der Rhachis und lässt vorn, wie schon erwähnt, jederseits einen dreiseitigen Raum frei, wie bei allen verwandten Arten. Dieses dreieckige Feld erscheint auch, wie bei *Basilicus*, auf der Oberseite markirt durch zwei schwache convergirende Rippen. Die Streifen des Umschlages gleichmässig fein, etwa 8 auf 2 mm.

Maasse in mm.

	I.	II.	III.	IV.
Ganzes Exemplar	80	—	—	—
Länge des Kopfes	25	24	18	—
Breite » »	44	—	—	—
Länge der Glabella	19	18	14	—
Breite » »	13	12,5	9	—
Höhe des Limbus	—	3,5	—	—
Länge des Thorax	29	—	—	—
Breite » »	45	—	—	—
Breite der Rhachis	14,5	—	—	—
Länge des Pygidiums	29	—	—	18
Breite » »	39	—	—	24
Länge der Rhachis	24	—	—	14
Breite » »	12	—	—	7

Vorkommen. Das Exemplar F. 9 (das 2te in vorstehender Tabelle) wurde von Baron Al. Pahlen im Glauconitkalk B_{2a} ($BII\beta-\gamma$ nach Lamanski) von Leetz bei Baltischport gefunden, von ebendaher stammt der als Geschiebe gefundene Abdruck (I) eines ganzen Exemplars (F. 10). Das dritte Exemplar (F. 11), ein unvollständiges Kopfschild von Reval, stammt ebenfalls aus dem dortigen Glauconitkalk und gehört zur Plautin'schen Sammlung. Es stimmt recht gut zu den übrigen Stücken bis auf den Mangel der vordern Seitenloben der Glabella. Ebenso stammt von Leetz das kleine Pygidium (T. VII, F. 7), das Lamanski der Stufe $BII\alpha$, also der *Planilimbata*-Stufe zuzählen will. Es gehört eher hierher, als zur naheverwandten *P. Plautini*. Es ist leicht möglich, dass beide Arten später wieder zu vereinigen sein werden oder dass namentlich *P. Plautini* anders zu begrenzen sein wird, da es mir noch fraglich ist, ob die estländischen und ingermanländischen Exemplare der letztgenannten Art wirklich zusammengehören.

Gen. Ogygia Brogn., auct.

Es liegen uns nur zwei Stücke vor, die zu obengenannter Gattung gehören, das eine ein ziemlich vollständiges Geschiebeexemplar aus der Pander'schen Sammlung, vermuthlich aus der Kuckers'schen Schicht stammend, das andere ein kleines Mittelschild des Kopfes aus den obersten Glintschichten von Reval ($C_{1b}-C_2$) aus der Sammlung des Generals Plautin. Beide Stücke rechnen wir zu *O. dilatata* Dalm. sp. im weiteren Sinn, können sie aber mit den bisher (von Angelin) publicirten Varietäten dieser Art nicht recht in Verbindung bringen und stellen daher für sie zwei neue Varietäten auf, die wir nach ihrer

Herkunft als var. *Panderi* und *Plautini* bezeichnen. Eine vollständigere Darstellung der hierher gehörigen Formen haben wir mit der Zeit aus der Heimath der *O. dilatata*, aus Norwegen, zu erwarten. Bevor wir aber an die Beschreibung der obenerwähnten Stücke gehn, erlaube ich mir einige Bemerkungen über den Namen und die Charaktere der Gattung *Ogygia* zu machen.

Ogygia wurde 1822 von A. Brogniart (in seiner *histoire naturelle des crustacées fossiles*, p. 26) gegründet auf zwei Arten des Dachschiefers von Angers, *O. Guettardi* und *O. Desmaresti*, aufgestellt. Zu diesen fügte Goldfuss 1843 (*Neues Jahrbuch etc.*, p. 555) ohne besondere Gründe anzugeben die von Brogniart als *Asaphus de Buchii* (aus Wales) beschriebene Art als dritte hinzu und diese Art ist im Lauf der Zeit dank der ausführlichen Darstellung derselben durch Salter (*Monogr. British Trilobites*, p. 125, T. XIV, F. 1—7, T. XV, F. 6) zum Typus der Gattung geworden; ihm sind dann Barrande (*Spt. sil. Boh.*, p. 655) und namentlich auch Brögger (*Asaph. hypost.*, p. 53), an dessen Anordnung der Asaphiden ich mich vorzugsweise halte, gefolgt. Er sagt ausdrücklich, dass die Gattung wesentlich auf *O. Buchii* und die ihr nahestehende *O. dilatata* aus Norwegen gestützt ist. Der ursprüngliche Typus der Gattung, *O. Guettardi*, wurde schon von Barrande (l. c.) zu *Asaphus* gebracht wegen ihres vermuthlich gegabelten Hypostoma, eine Annahme, die ganz neuerdings durch die Reproduction des Originalexemplars von Oehlert (*Palaeontologia universalis*, fascic.) erwiesen ist. Angelin hat in seiner *Palaeontologia scandinavica*, t. 42, p. 92 die Auskunft ergriffen für die englische und scandinavische Art einen neuen Gattungsnamen *Ogygiocaris* zu creiren, deren Typus doch mit der ursprünglichen *Ogygia* Brogn. nichts zu thun hatte, aber die Tradition hatte schon zu festen Fuss gefasst und auch wir wollen ihr daher folgen. Oehlert hat im Text zu seiner Darstellung in der *Palaeontologia universalis* sich dahin ausgesprochen, dass wir jetzt, da die erste von Brogniart beschriebene Art, *O. Guettardi*, zu *Asaphus* gezogen ist, die zweite Art *O. Desmaresti* als Typus der Gattung betrachten müssten, aber, wie gesagt, die Tradition hat schon zu festen Fuss gefasst, als dass jetzt noch eine Aenderung möglich wäre. Ausserdem ist ja auch *Ogygia Desmaresti* so unvollständig erhalten, dass auf sie kein genügender Gattungscharakter gegründet werden könnte.

Was die Verwandtschaftsverhältnisse der Gattung *Ogygia* betrifft, so weist Brögger (l. c. p. 54) auf ihre nahe Verwandtschaft mit *Niobe* hin, von der sie auch wohl abzuleiten sei. Er hält sich dabei vorzüglich an den ähnlichen Bau des Hypostoma. Wir können noch hinzufügen, dass auch der meist randliche Verlauf des vordern Zweiges der Gesichtsnaht, mit oft nur schwer erkennbarem Winkel an der Berührungsstelle der beiderlei Zweige derselben, Uebereinstimmung mit *Niobe* zeigt. Auch ist die Verticalnaht auf dem Kopfschlage bei beiden Gattungen meist schwer zu erkennen. Sie mag früh mit dem Umschlag verwachsen, da Brögger nur bei einem Exemplar der *Ogygia dilatata* diese Mediansutur erkannt hat und auch bei dem uns vorliegenden Stück sie nur schwer zu sehn ist. Salter hat sie beim reichen ihm zu Gebote stehenden Material aus englischen Llandeiloschiefern

nie erkannt und beschreibt daher den Umschlag (bei ihm Hypostoma) als continuous. Ausser zu *Niobe* scheint *Ogygia* auch zu *Megalaspis* verwandtschaftliche Beziehungen zu zeigen, die ebenfalls auf das ähnliche, nicht zweilappige Hypostoma gegründet sind und auf den schmalen Umschlag des Pygidiums, wie das aus den zahlreichen Abbildungen der *O. Buchii* bei Salter in der Monogr. brit. Trilobites deutlich hervorgeht.

In den vorhandenen Beschreibungen wird meist darauf hingewiesen, dass *Ogygia* zu den Trilobiten ohne Einrollungsvermögen gehört. Bei unsrem vollständigen Exemplar sehen wir den Beginn einer Einrollung und Salter giebt (Monogr. brit. Trilob., p. 125) auch eine beschränkte Beugung zu — the animal could only bent, not roll up completely.

***Ogygia dilatata* Brünn. sp. var. *Panderi* m.**

T. VIII, F. 10a, b.

Trilobites dilatatus Brünnich, Kjöbenhav. selsk. schrift. Nye samml. I, p. 393.

vergl. 1828. *Asaphus dilatatus* Dalm. Palaed. (deutsche Ausg.) p. 67, T. III, F. 1.

1835. » » Sars, Isis p. 335, T. 8, F. 5.

1878. *Ogygiocaris dilatata genuina* Angel. Palaeontol. scandinavica p. 95, T. 42, F. 2.

1899. *Barrandia Panderi* n. sp. F. Schmidt in travaux de la société impér. des naturalistes de St.-Petersb. vol. 30, Livr. 1, p. 147 (russisch).

1901. *Barrandia Panderi* F. Schmidt, Revis. d. ost-balt. silur. Trilob. Abth. V, Lief. 2, p. 1 (Einleitung).

Das uns vorliegende Stück ist ein ziemlich unvollständiges Geschiebeexemplar, das augenscheinlich aus unserem Gebiet und zwar vermuthlich aus dem Kalk der petrefactenreichen Kuckers'schen Schicht *C*₂ stammt. Es war vor längerer Zeit (vermuthlich in den 50er Jahren) mit andern Sachen von Pander an Volborth, der sich damals mit Trilobiten beschäftigte, übergeben worden und kam nach dessen Tode mit der ganzen reichen Volborth'schen Sammlung 1876 an unser akademisches Museum. Ich hatte das Stück anfangs wenig beachtet und später es irrthümlicher Weise zu *Barrandia* M. Coy gebracht, gestützt auf Salter's (Brit. tril., p. 137) Angabe, dass diese Gattung einen Uebergang von den *Ogygien* zu den Bronteiden bilden soll. Wenn unser Stück von oben gesehen vollkommen an *Ogygia*, namentlich die gut dargestellte *O. Buchii* erinnerte, so wurde man durch den Verlauf der Nähte auf dem Kopfumschlag (F. 10a) veranlasst, seine Verwandtschaft bei den Bronteiden zu suchen. Die Entdeckung einer schwach ausgeprägten Verticalnaht auf dem Umschlag, die auch Brögger (Asaph. hyp., p. 54), wie erwähnt, bei *O. dilatata* erkannt hat, brachte mich endlich dazu die Zugehörigkeit zu *Ogygia* als sicher anzunehmen und die seitlichen Nähte auf dem Kopfumschlag für ähnliche Sprünge anzusehn, wie ich sie bei *Onchometopus* T. X, F. 11 der vorigen Lieferung dargestellt habe. Ich gedachte unser Stück bereits als Varietät der *Ogygia Buchii* zu beschreiben, mit der es in so vielen Stücken

übereinstimmt und hatte diese Ansicht bereits in einer Sitzung der geologischen Abtheilung des hiesigen Naturforschergesellschaft ausgesprochen, als ich durch den Fund eines neuen Stücks einer *Ogygia* in der Plautin'schen Sammlung aus Reval bewogen wurde, die Frage von neuem zu studiren und nicht nur die Estländischen Heimatsrechte auch des Pander'schen Stücks allendlich festzuhalten, sondern auch beide Stücke dem Formenkreise der *O. dilatata* einzuordnen.

Die norwegische *O. dilatata*, ist wie schon oben angedeutet, wie es scheint, recht vielgestaltig und von Angelin in drei verschiedenen Varietäten beschrieben, von denen keine vollständig auf unsre Form passt. Dagegen passt der schon von Dalmann angegebene Unterschied der *dilatata* von *Buchi* vollkommen auch auf unsre Form. Dieser Unterschied besteht wesentlich im Breitenverhältniss der Rhachis des Thorax zu den Pleuren und in der Beschaffenheit der Pleurenrippen des Pygidiums. Bei *Og. Buchi* sind am Thorax die Pleuren meist über noch einmal so breit als die Rhachis, bei *O. dilatata* erreichen sie aber nicht die doppelte Breite, so auch bei unsrem Stück, wo die Breite des Innentheils der Pleuren bis zum Fulcrum ziemlich genau mit der Breite der Rhachis übereinstimmt. Die ganze Pleure macht etwa das $1\frac{1}{2}$ fache der 8gliedrigen Rhachis aus, die sich wenig nach hinten verschmälert. Bei unsrem Stück erscheinen die niedergebogenen Pleurenenden stumpf, das ist aber augenscheinlich auf Rechnung der Abnutzung an den Seiten unsres Geschiebe-exemplars zu schieben. Der innere Pleurentheil erscheint flach ausgehöhlt, der äussere zeigt die schwache Andeutung einer Diagonalrippe, was mit der typischen Beschaffenheit bei *O. Buchi* gut übereinstimmt.

Am Pygidium von *O. Buchi* verlaufen die Pleurenrippen scharf bis zum Rande, bei allen Formen der *dilatata* erreichen sie den Rand nicht und sind überhaupt schwächer ausgebildet. Das Pygidium unsres Stücks ist stark abgenutzt und der Randsaum nicht erhalten, bei dem erhaltenen Theil desselben kann man sich aber wohl überzeugen (F. 10a), dass die Rippen auf den Seitentheilen nur schwach angedeutet sind und durchaus garnicht nach dem Rande zu verlaufen. Darin stimmt es schon mit der ältesten Darstellung bei Dalman überein.

Der Kopf ist bei unsrem Stück am besten erhalten und lässt sich gut mit den wohlgelungenen Abbildungen in Salter's Monographie vergleichen. Der deutliche ausgehöhlt Randsaum stimmt gut, aber die gewölbte keulenförmige nach hinten etwas verschmälerte, vorn abgestutzte und etwas ausgerandete Glabella ist abweichend. Sie reicht bis zum Vorderrande selbst, der sich nur durch eine erhabene Linie markirt. Die Seiten der Glabella fallen steil ab und zeigen schwache Andeutungen von vier vordern Seitenloben. Es tritt durchaus kein besonderer Endlappen hervor, wie bei der Angelin'schen Form *genuina* (l. c. F. 2), die sonst am meisten sich unsrer Form nähert. Die Basalloben sind stärker markirt, von dreiseitiger Form, vorn von einer deutlich nach innen und hinten gerichteten hintern Seitenfurche begrenzt. In der Mitte des Vorderrandes der Glabella sieht man dem ausgerandeten Umriss entsprechend einen länglichen Eindruck in der Achsenrichtung, der sich in der Sars'schen Figur der *Og. dilatata* (l. c. T. 8, F. 5a) wiederfindet, so wie in

norwegischen Exemplaren der var. *Sarsii* Ang., die mir vorliegen. Die tiefen Dorsalfurchen zwischen Glabella und festen Wangen treten deutlich hervor und setzen sich auf die Dorsalfurchen des Thorax fort, wo sie weniger tief eingesenkt zwischen den flachen Pleuren und der gewölbten Rhachis verlaufen. Eine deutliche Nackenfurche ist auch vorhanden. Die Lage der Augen scheint sich ziemlich in der Mitte der Wangen zu befinden. Von ihnen selbst ist nichts erhalten. Die hintern Zweige der Gesichtsnaht sind nicht vorhanden. Von den vordern lässt sich erkennen, dass sie in steilem Bogen parallel dem Seitenrande der Glabella nach vorn zum Rande gehn und dann in der bogenförmigen Randkante selbst verlaufen, ganz ebenso wie uns die meisten Abbildungen bei Salter zeigen. Die Darstellung bei Sars l. c. F. 5 lässt die Gesichtsnaht vom Rande selbst unterscheiden. In der Angelin'schen Abbildung von *Ogygiocaris dilatata* var. *Sarsi* sehen wir in der Mitte des Verlaufs der Naht einen stumpfwinkligen Vorsprung, den ich auch an einem norwegischen Exemplar dieser Form bemerke, das ich Dr. Holm verdanke. Die andern von Angelin dargestellten Formen zeigen den Verlauf der Naht nicht. Von Sculptur der Kopfoberfläche ist in unsrem Stück nichts zu sehn. Der von Pander auspräparirte flach gewölbte und fein quergestreifte Umschlag zeigt ausser den schon oben erwähnten leicht irre führenden Brüchen an seinen Seiten eine auch im photographisch aufgenommenen Bilde erkennbare sehr feine verticale Mediannaht (F. 10b), das in einen flach-bogenförmigen Ausschnitt des Umschlags eingesenkte Hypostoma (F. 10b) zeigt die gewöhnliche Form desselben von *Ogygia dilatata* wie in Brögger's (Asaph. hyp.) F. 38 mit schwach angedeuteten Maculae und aufgeworfenem Rande.

Nachdem wir im Vorstehenden es wahrscheinlich gefunden haben, dass unser Stück nach dem Bau seines Thorax und Pygidiums zu *O. dilatata* gehört, haben wir aus der Beschreibung seines Kopfes gesehn, dass er in wesentlichen Stücken dem von *Ogygia Buchi* gleicht, in andern aber nicht, dass er aber mit keiner der von Angelin dargestellten Varietäten von *O. dilatata* übereinstimmt, daher kommen wir zu den Schluss, dass wir es vielleicht mit einer besondern Art, wahrscheinlich aber mit einer neuen Varietät der *dilatata* zu thun haben, die wir nach ihrem Entdecker als var. *Panderi* bezeichnen, die sich durch ihre nach vorn erweiterte, keulenförmige in der Mitte ausgerandete und fast bis zum Rande reichende Glabella, sowie ihre vorn augenscheinlich ununterbrochene bogenförmige im Vorderrande selbst verlaufende Gesichtsnaht auszeichnet.

Maasse in mm.

Länge des Kopfes.	7
Länge der Glabella.	5,8
Breite » » vorn	4,2
Breite » » hinten	3
Länge des Thorax	6
Breite der Rhachis	3,2
Breite der Pleuren	5

Vorkommen. Wie schon erwähnt, ist unser Stück ein Kalksteingeschiebe, das seiner Beschaffenheit nach am meisten dem bituminösen Kalk der Kuckers'schen Schicht C_2 von Kuckers und Erras entspricht. Die verwandten auswärtigen Formen sind ausschliesslich aus ziemlich gleichaltrigen Schieferbildungen bekannt. In England aus den Schiefern der Llandeilo flags, in Norwegen aus den Schiefern der Etage 4 Kierulfs, deren Fauna noch nicht eingehend bearbeitet worden ist.

Ogygia dilatata var. **Plautini** m.

T. VIII, F. 11.

vergl. 1835. *Asaphus dilatatus* Sars, Isis p. 835, T. VIII, F. 5.

Wir haben schon oben ein kleines Mittelschild des Kopfes aus den obern mergeligen Glintschichten von Reval ($C_{1b}-_2$) aus der Sammlung des Generals Plautin erwähnt, das wir als besondere Varietät *Plautini* der *Ogygia dilatata* auffassen. Es erinnert ganz auffallend an die oben citirte Abbildung von Sars in der Isis von 1835 T. VIII, F. 5 und würde passender Weise als var. *Sarsi* zu bezeichnen sein, wenn dieser Name nicht schon von Angelin an seine ganz anders aussehende *Ogygiocaris dilatata* var. *Sarsii* Pal. scand. T. 42, F. 1 vergeben wäre, die eine am Vorderrand im stumpfen Winkel vorspringende Gesichtslinie zeigt (wie ich auch an einem norwegischen von Prof. Holm erhaltenen Exemplar sehe), während sowohl in der Sars'schen Figur 5 als in unsrem Stück die Gesichtснаht am Vorderrand des Kopfes einen fortlaufenden Bogen bildet. Der Vorderrand selbst ist an unsrem Stück nicht zu sehn, daher es zweifelhaft bleibt, ob ein solcher Zwischenraum zwischen der Naht und dem Rande selbst, wie Sars ihn zeichnet, auch bei unsrer Form vorhanden ist. Im Uebrigen stimmt, wie gesagt, unser Stück sehr gut zur Sars'schen Zeichnung. Die Glabella ist ebenfalls wie bei der vorigen Varietät keulenförmig, vorn etwas breiter als hinten, hochgewölbt, besonders im hintern Theil, aber vorn nicht ausgerandet und nicht bis zum Vorderrand reichend, sondern von diesem durch einen breiten flachen Randsaum geschieden (ganz wie es bei Sars F. 5a abgebildet ist), dessen Breite der halben Längenausdehnung der Glabella gleichkommt. Ausgebildete Seitenfurchen sind an der Glabella nicht zu sehn, sondern nur schwache Andeutungen von solchen, die durch die Schaale hindurchschimmern. Man erkennt eine stärkere hintere Spur einer Furche, die nach hinten und innen verläuft und vor ihr etwa drei schwache Andeutungen von vordern Furchen. Die Nackenfurche und der schmale Nackenring sind deutlich ausgesprochen; ebenso die nach innen concaven Dorsalfurchen, die bis zum vordern Rande der Glabella reichen. Die Augen scheinen eine ähnliche Stellung zu haben wie bei voriger Form. Von den hintern Zweigen der Gesichtснаht ist nichts erhalten, die vordern Zweige verlaufen ganz wie bei der oft citirten Sars'schen Figur schräg ansteigend nach aussen und vorn und biegen sich dann in steiler Biegung nach innen um, um in gleichmässigem Bogen ohne Vorsprung längs dem Vorderrande zu verlaufen, der

bei unsrem Stück nicht erhalten ist. Der Abstand der äussersten Bogentheile der Gesichtslinien kommt der Länge der Glabella gleich. Bei dem mir vorliegenden norwegischen Stück der var. *Sarsi* Angel. ist auch ein flacher Randsaum vor der Glabella zu erkennen, dessen Breite aber kaum $\frac{1}{3}$ der Länge derselben erreicht. Die ganze Oberfläche der Glabella ebenso wie die des Nackenringes ist mit sehr feinen concentrischen Linien bedeckt.

Der Hauptunterschied von der vorigen Varietät besteht in dem breiten flachen Randsaum vor der Glabella, der schmälern Form derselben und der mangelhaften Ausbildung der Seitenfurchen. Auch hier muss ich den Wunsch nach ausführlicherer Darstellung der norwegischen Ogygienformen wiederholen.

Maasse in mm.

Länge des Kopfes	8
Länge der Glabella	5
Breite » » vorn.	3,5
Breite » » hinten	3
Breite des Randsaums	2,5
Abstand der äussersten Theile der Gesichtsnäht . .	8

Vorkommen. Wie oben erwähnt, von General Plautin in den obersten mergeligen Glintschichten C_{1b} — C_2 bei Reval gefunden.

Gen. Nileus Dalm.

Die Gruppe der Nileiden, die Brögger (Asaph. hyp., p. 64) als Unterfamilie der Asaphiden aufstellt, unterscheidet sich wesentlich von den typischen Gliedern der Familie durch den völligen Mangel von Suturen am Umschlag des Kopfschildes (Hypostoma entire Salt.). Es gehören hierher nur die Gattungen *Nileus* Dalm. und *Symphysurus* Goldf., die Brögger nur als Untergattung gelten lassen will. Ich möchte lieber dem Vorgang von Angelin (pal. scand., p. 60) folgen, der *Symphysurus* als unabhängige Gattung annimmt, die vom typischen *Nileus* durch das Vorhandensein deutlicher Dorsalfurchen am Thorax und ebenso durch deutliche Unterscheidung innerer und äusserer Pleurentheile abweicht. Wir haben in unsrem Gebiet nur den altbekannten *Nileus Armadilla* Dalm., bei dessen Beschreibung wir auf einige früher nicht beachtete Details im Bau der Thoraxpleuren aufmerksam machen können.

Nileus Armadillo Dalm.

T. VIII, F. 12—18.

1827. *Asaphus* (*Nileus*) *Armadillo* Dalm. Palaed. p. 236, T. 4, F. 3.
 1830. *Nileus Armadillo* Pand. Beiträge p. 132, T. 5, F. 2.
 1830. » *Chiton* Pand. Beiträge T. 5, F. 1.
 1837. » *Armadillo* His. Leth. ross. p. 16, T. 3, F. 3.
 1852. » » Angel. Palaeont. suec. p. 19, T. 16, F. 5.
 1860. » » Eichw. Leth. ross. p. 1490.
 1863. » » Volb. russ. Trilob. mit glatten Rumpfglied. p. 35, T. 1, F. 1—9.
 1882. » » Brögg. Etage 2 u. 3, p. 62, T. 7, F. 6, T. 12, F. 8.
 1884. » » Törnq. Silj. trakt. Trilob. p. 55.
 1886. » » Brögger, *Asaphus hypostom.* p. 64, T. 3, F. 40.
 1890. » » Pompecki l. c. p. 84, T. 3, 32.
 1901. » » Lindström, research. on the vis. org. of trilobites p. 61, T. 5,
 F. 10—15.
 1902. *Nileus Armadillo* Moberg Bidrag till Trilob. bygon. in geolog. fören. förhandl.
 Bd. 24, p. 295, T. 3.

Der grösste Theil unsres Materials hat bereits Volborth bei seiner oben citirten Arbeit über die mit glatten Rumpfgliedern versehenen russischen Trilobiten vorgelegen. Es stammte grösstentheils aus dem Thal der Popowka bei Pawlowsk. Später sind einige Exemplare aus dem östlichen Theil des Petersburger Gouvernements, vom Wolchow und von der Lawa hinzugekommen, ausserdem reichlicheres Vergleichsmaterial aus Schweden und Norwegen. Wir werden uns in Hinblick auf die in den Memoiren der Akademie VII. Ser., Bd. 6, № 2 erschienene ausführliche Volborth'sche Arbeit etwas kürzer als gewöhnlich fassen können.

Der Kopf reichlich $1\frac{1}{2}$ mal so breit wie lang, ziemlich halbkreisförmig, mässig gewölbt, vorn breit gerundet ohne Randsaum, nur mit erhabener Randlinie versehn, die Hinterecken seitlich gewandt, stumpf dreieckig oder gerundet. Der Hinterrand daher seitwärts zu den Ecken ansteigend. Die Glabella schwach gewölbt, von der allgemeinen Wölbung des Kopfes nur durch die schwachen verticalen nach aussen etwas convexen Dorsalfurchen getrennt, die nur bis vor die Augen reichen. Hier geht die Glabella in seitliche spitze Flügel aus, welche die Augen vorn begrenzen und an ihrer Aussenseite in ziemlich breite Randfurchen übergehen, welche bis an die flachen Hinterecken reichen. Häufig zeigen sich durchschimmernde Hülfeindrücke, vier an jeder Seite (F. 12), wie sie auch schon Volborth l. c. dargestellt hat. So schöne Detailzeichnungen, wie sie Moberg (s. oben) nach einem Exemplar aus Oeland dargestellt hat, sind bei unsern Stücken nicht vorhanden. In der Mitte der Glabella bisweilen ein deutlicher Längskiel (F. 13), der bis an den immer vorhandenen Nacken-

tuberkel reicht, eine Nackenfurche und ein Nackenring fehlen aber, ebenso der Occipitalring.

Die Augen sind gross, halbmondförmig, und nehmen den grössten Theil der Wangen ein, indem sie nur um $\frac{1}{3}$ ihrer Länge vom vordern sowie vom hintern Rande des Kopfschildes abstehn. Die Augendeckel steigen flach an, die Sehfläche fällt schräge nach aussen ab und ist deutlich facettirt, ihre Basis erhebt sich in gleicher Neigung von der Wangenfläche. Der hintere Zweig der Gesichtslinien geht vom innern Augenwinkel in gleichmässiger Neigung zum Hinterrande, den sie in der Hälfte seiner horizontalen Erstreckung erreicht. Der vordere Zweig wendet sich vom vordern Augenwinkel in wenig vorspringendem Bogen, den seitlichen Fortsatz der Glabella schneidend nach innen, um sich mit dem gegenüberliegenden Zweige in fortlaufender dem Vorderrande ganz nahe gelegener bogenförmiger Linie zu vereinigen. Von einer Verbindung der beiden Zweige in einer wenn auch stumpfen Spitze ist bei unsern Exemplaren nichts zu sehn. Bei grossen scandinavischen kommt sie vor.

Der Umschlag des Kopfes schliesst sich in einem scharfen Rande der Oberseite an und erscheint auf seiner Fläche etwas gewölbt und grob quergestreift, in der Mitte mit einem schwach concaven Ausschnitt für das Hypostoma, dessen Rand seinerseits abgeflacht ist.

Das Hypostoma fast kreisförmig, mit ganz kurzen aufwärts gebogenen Vorderflügeln. Der Mittelkörper elliptisch, in der Mitte an den Seiten die schräg gestellten vertieften Maculae, der Randsaum sehr breit mit einem schmalen aufgeworfenen Rande, der an der hintern Seite etwas ausgebuchtet ist und hier einen kleinen Vorsprung zeigt. Die ganze Oberfläche quergestreift. Unsre Volborth'schen Präparate (l. c. T. 4, F. 2) sind weniger deutlich als das schöne von Brögger (Asaph. hypost., F. 40) abgebildete Stück aus dem rothen Orthocerenkalk von Oeland, dessen Original von Dr. Holm gesammelt mir vorliegt. Auch die gute Abbildung in Lindström l. c. T. 5, F. 13 muss genannt werden.

Der Thorax zeigt dem Typus der Asaphiden entsprechend 8 Glieder, die aber in ihrem Bau von den übrigen Gliedern der Gruppe stark abweichen. Die einzelnen Segmente erscheinen fast fortlaufend, weil die Dorsalfurchen nicht regelmässig ausgebildet sind. An ihrer Stelle sieht man beiderseits der Rhachis eine Reihe von schräg nach hinten und aussen verlaufenden Eindrücken, die den Articulationsstellen der einzelnen Thoraxglieder entsprechen und in ihrem Zusammenhange die Dorsalfurchen vertreten (F. 13, 14). Die erwähnten Articulationsstellen, die von Volborth l. c. T. IV, F. 5 von unten gesehn dargestellt sind, wiederholen die Gelenkköpfe und Gelenkformen bei andern Asaphiden, wie sie u. a. von Brögger (Asaph. hyp., F. 49, 50) und auch in unsrer 2ten Lieferung (T. II, F. 18) dargestellt sind, sie zeigen sie aber nicht in so vollständiger Ausbildung, wie bei den angeführten Beispielen, sondern man sieht nur schwächere Vorsprünge und Einbuchtungen, die daher von Volborth (l. c. p. 37) für den Fulcra oder Kniepunkten entsprechende Bildungen gehalten wurden. Ihre in F. 5 (l. c.) dargestellte Beschaffenheit und deren Beschreibung (l. c. p. 38) beweist aber, dass wir es hier mit richtigen Articulationen

der Glieder zu thun haben, die aber bei unsrer Gattung nicht eine so regelmässige fortlaufende Reihe in der Dorsalfurche bilden, wie bei andern Gattungen. Ihre Lage am Kopfe am Ende der dortigen Dorsalfurche und an der Innenseite der Ausmündung des hintern Zweiges der Gesichtslinien beweist die Richtigkeit unsrer Deutung. Mit Volborth sind wir darin ganz natürlich einverstanden, dass wir bei *Nileus* keine innern und äussern Pleurentheile unterscheiden können. Daher fehlen hier auch die Kniepunkte und der Umschlag der äussern Pleurentheile rückt bis hart an die Articulationspunkte an der Stelle der Dorsalfurchen heran. Das Volborth'sche wichtige Präparat (F. 5) habe ich in seinem



Fig. 6. *Nileus Armadillo*
Dalm.

Nachlass nicht finden können, aber aus andern Beobachtungen ergibt sich die vollkommene Richtigkeit seiner Darstellung. Ich wiederhole es hier in Textfig. 6, doch kehren wir zur Oberseite der Thoraxglieder zurück. Ihre Ausdehnung in die Länge oder in Achsenrichtung ist bedeutender als bei andern Gattungen, daher auch die Länge des Thorax die Länge sowohl des Kopfes als des Pygidiums übertrifft, was sonst selten der Fall ist. Die Breite des Thorax nimmt nach hinten kaum ab, so dass er in ausgestreckter Stellung fast ein vollkommenes Rechteck darstellt. Die einzelnen Rhachisglieder biegen sich vorn in sanfter Wölbung abwärts und zeigen an der Einfügungsstelle des vorhergehenden Gliedes einen ganz schmalen steil geneigten Articulationsstreifen, der sich nur bei theilweise entfernter Schaale erkennen lässt (F. 15, 16). An diesen Streifen lehnt sich die hintere Seite des in scharfer Kante endigenden vorn angrenzenden Gliedes schräg an. Die Vorderseite der Rhachisglieder erscheint von unten gesehn als Wulst (Volb. l. c. F. 5) und im innern Abdruck der Rhachisglieder erscheint dementsprechend in Stelle ihres vordern Theils eine flache Rinne, dann eine erhöhte wulstförmige in der Mitte eingeschnürte mittlere Parthie und hinten wiederum eine viel schmalere Rinne oder nur ein schmaler flacher Randsaum (F. 15, 16). Nur am Vorderrande des ersten Thoraxgliedes sehn wir eine schwache Andeutung der Articulationsfalte (F. 13).

Die auf ihren äussern Theil beschränkten Pleuren sind schwach abwärts geneigt, halb so breit wie die Rhachis und enden stumpf. Sie werden durch einen deutlichen Kamm, der vom vordern Articulationspunkte beginnt, in zwei Flächen getheilt (Volb. l. c. F. 4), von denen die vordere vollständig abflacht und als Gleitfläche sich nach aussen erweitert, während die hintere gewölbt ist, sich nach der Spitze zu verschmälert (F. 14) und bei zusammengerollten Exemplaren allein von aussen sichtbar ist. Die Sculptur der Oberfläche der Rhachis besteht aus sehr zarten oft nicht erhaltenen bogenförmigen concentrischen Linien (s. Volb. l. c. F. 4) und auf der Hinterseite der Pleuren aus einigen oder einer der Diagonalrippe parallel verlaufenden Linien; die Gleitfläche zeigt ziemlich dichte von der genannten Rippe nach aussen und vorn gewandte Terrassenlinien. Der Umschlag der Pleuren reicht beim Fehlen der innern Pleurentheile fast bis zu den Articulationspunkten der Rhachis herein, die auf der untern Seite (s. Volb. l. c. F. 5) besonders deutlich zu sehn sind. Der Umschlag endet in einer verticalen Linie, auf seiner Fläche ist keine Spur von Pander'schen Organen

zu erkennen, die nur den echten Asaphiden zukommen. Die Fläche des Umschlags zeichnet sich aber durch ihre besondere Sculptur aus, indem sie von einer von innen und hinten nach aussen und vorn verlaufenden diagonalen Rippe (F. 15, 16) durchschnitten wird, welche die Grenze der beim Einrollen frei liegenden Pleurenenden bezeichnet. Von dieser Diagonalrippe strahlen feine Terrassenlinien nach aussen und vorn aus, während vom Hinterrande der Pleure, der bei ausgestreckten Exemplaren sichtbar wird, ähnliche feine Terrassenlinien vom Hinterrande bis zur Rippe verlaufen, die nach innen und vorn gerichtet sind. An der Rippe selbst kann man bisweilen die Umbiegung der Linien nach vorn erkennen. Diese eigenthümliche Beschaffenheit des Pleurenumschlags bei *Nileus* ist bisher nirgends beobachtet worden. Ich habe sie aber sowohl bei unsren als bei norwegischen Exemplaren constatirt.

Das **Pygidium** ist halbkreisförmig, gewölbt, bisweilen, namentlich bei grössern Exemplaren, von einem abgeflachten Randsaum umgeben. Die Rhachis tritt meist deutlich hervor (im Steinkern immer) entweder durch ihre Wölbung oder durch deutlich markirte Hülfeindrücke (F. 17). Sie ist von stumpf-dreieckiger Form und reicht über die Hälfte des Pygidiums hinaus. Die ganze Oberfläche ist bei wohlerhaltener Schaafe bisweilen von sehr dichtstehenden feinen Linien (etwa 7—8 auf 1 mm.), die im Allgemeinen dem Umriss parallel verlaufen (F. 17), ganz bedeckt. Bei auswärtigen Exemplaren sind diese feine Linien nie beobachtet worden. Am Umschlag, der die ganze Unterseite des Pygidiums bis auf die Rhachis einnimmt, sind ebenfalls deutliche Terrassenlinien zu sehn (F. 18).

Maasse in mm.

Ganze Länge	26	—
Länge des Kopfes	9	23,5
Breite » »	15	44
Länge des Thorax	10	—
Breite » »	14	—
Breite der Rhachis	8	—
Länge des Pygidiums	8	23
Breite » »	14	38
Länge der Rhachis	—	—
Breite » »	—	—

Unsre Form stimmt, wie schon Brögger (Etag 2 u. 3, p. 64) hervorhebt, am besten zu seiner var. *depressa* Sars et Boeck (l. c. p. 62, T. 7, F. 6a). Die Exemplaren gehören durchweg zu den kleinern, bis auf ein grosses Exemplar von Putilowo, das im Uebrigen kaum von den kleinern abweicht, bis auf den deutlichen Randsaum.

Vorkommen. Bei uns ausschliesslich in der Expansusstufe B_{2b} und der vorhergehenden des *As. Bröggeri* ($BII\beta$ nach Lamanski), und zwar nur im Petersburger Gouvernment;

am Wolchow bei Iswos und in den Brüchen von Putilowo, in der Volborth'schen Sammlung von der Popowka bei Pawlowsk eine Anzahl freiliegender Exemplare, die nach dem anhängenden Gestein gleichfalls zum genannten Niveau gehören. Auswärts in Scandinavien viel weiter verbreitet als bei uns. Die Art wird in Schweden von Ost- und Westgotland, aus Nerike, Oeland (besonders im untern rothen Orthocerenkalk), Schonen (Fogelsang) und aus Dalarne angeführt. Sie reicht vom untern rothen Orthocerenkalk bis zum Cystideenkalk in Dalarne. Auch in Norwegen reicht sie von der Etage 3 bis zur Etage 4; die Verschiedenheiten nach dem Niveau sind nicht näher studirt, doch ist die Form *depressa* Boeck. wie bei uns, so dort vorzüglich in der Expansusetage verbreitet. Auch in norddeutschen Gesteinen gefunden.

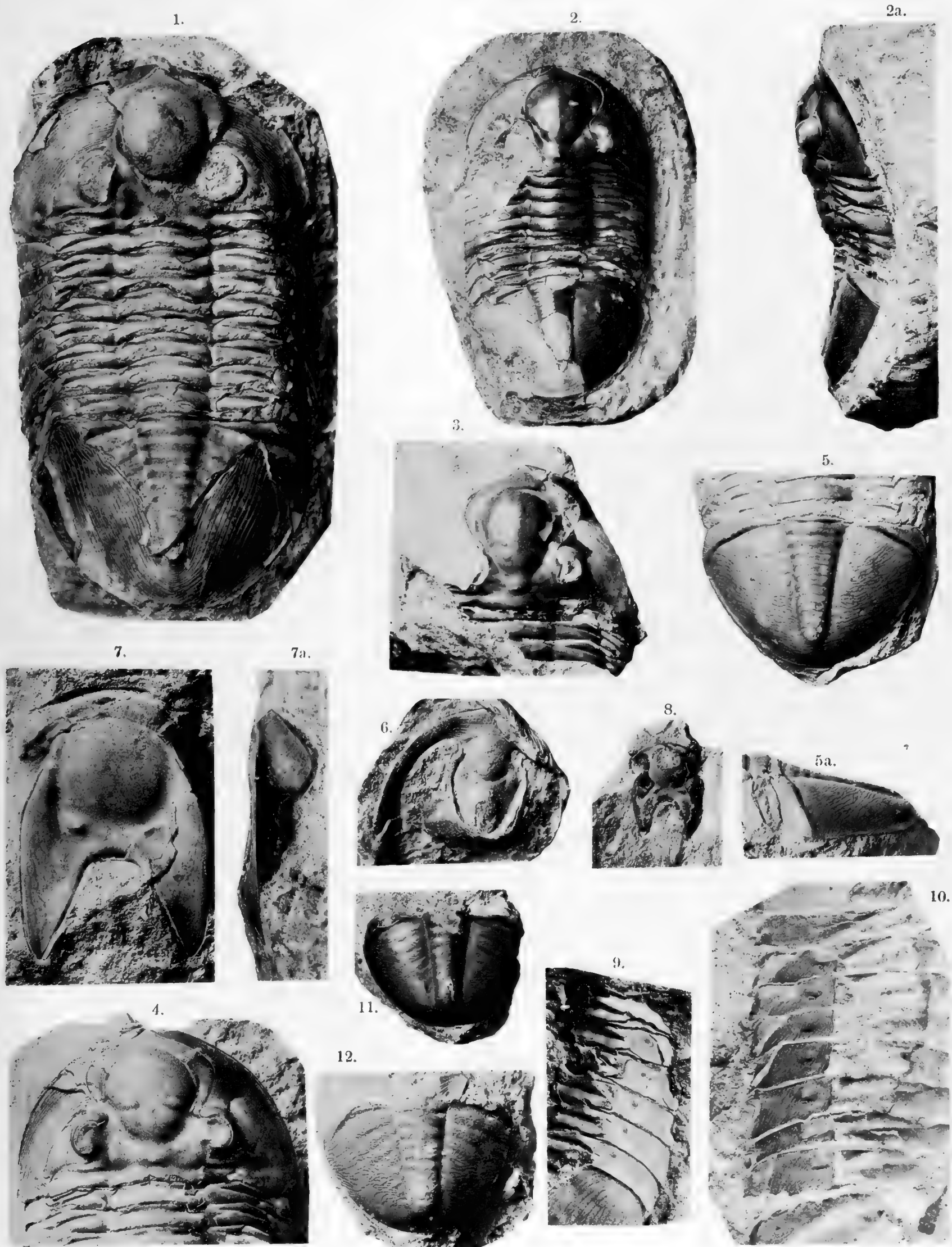


Erklärung der Tafeln.

Die Originale zu den Abbildungen befinden sich sämtlich, wo es nicht anders bemerkt ist, im geologischen Museum der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Die Figuren sind in natürlicher Grösse dargestellt, wo nicht andere Angaben darüber gemacht sind.

Tab. I.

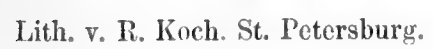
- F. 1—10. *Pseudasaphus globifrons* F. 11, 12; *Pseudas. Mickwitzi*.
- F. 1. *Pseudasaphus globifrons* Eichw. Original der Leth. ross. T. 53, F. 2 aus dem Vaginatenkalk B_{sb} von Reval, ursprünglich in der Sammlung des Baron Rud. Ungern-Sternberg zu Birkas, gegenwärtig im geologischen Museum der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.
- F. 2, 2a. Die nämliche Art vom Laaksberge bei Reval (B_{sb}), aus der Sammlung des Consuls Stacy.
- F. 3. Die nämliche Art, ebendaher, mit deutlichem Kiel auf der Glabella.
- F. 4. Die nämliche Art, Uebergangsform zu *Pseudas. tecticaudatus* (s. p. 10 unten). Aus dem Vaginatenkalk von Reval, von Ingen. A. Mickwitz gesammelt.
- F. 5. *Pseudasaphus globifrons* Eichw. Pygidium von Reval, aus der Stacy'schen Sammlung. An den Seiten der Rhachis treten eigenthümliche helle Flecken hervor.
- F. 6. Hypostoma der nämlichen Art, aus dem gleichen Niveau, von Reval.
- F. 7, 7a. Grosses Hypostoma der nämlichen Art, aus dem Kalksandstein (B_{sb}) der Insel Rogö.
- F. 8. Anderes Hypostoma der nämlichen Art von Reval.
- F. 9. Umschlag der Thoraxpleuren von *Pseudasaphus globifrons* im Abdruck, mit den Abdrücken der Pander'schen Organe nach einem grossen Exemplar der Universitätssammlung von Jurjew (Dorpat).
- F. 10. Die Thoraxpleuren von innen gesehen, nach einem Exemplar von Reval mit erhaltener Schaale. Hier sind die spaltenförmigen Oeffnungen der Pander'schen Organe deutlich, was an den Abdrücken in F. 9 nicht der Fall ist.
- F. 11 und 12. Pygidien von *Pseudasaphus*(?) *Mickwitzi* p. 11 aus dem Glauconitkalk von Leppiko bei Leetz (B_{2a}), etwas vergrössert. Gesammelt von Ingenieur A. Mickwitz.
-



Tab. II.

Pseudasaphus tecticaudatus Steinh. sp. mit der Varietät *praecurrens*.

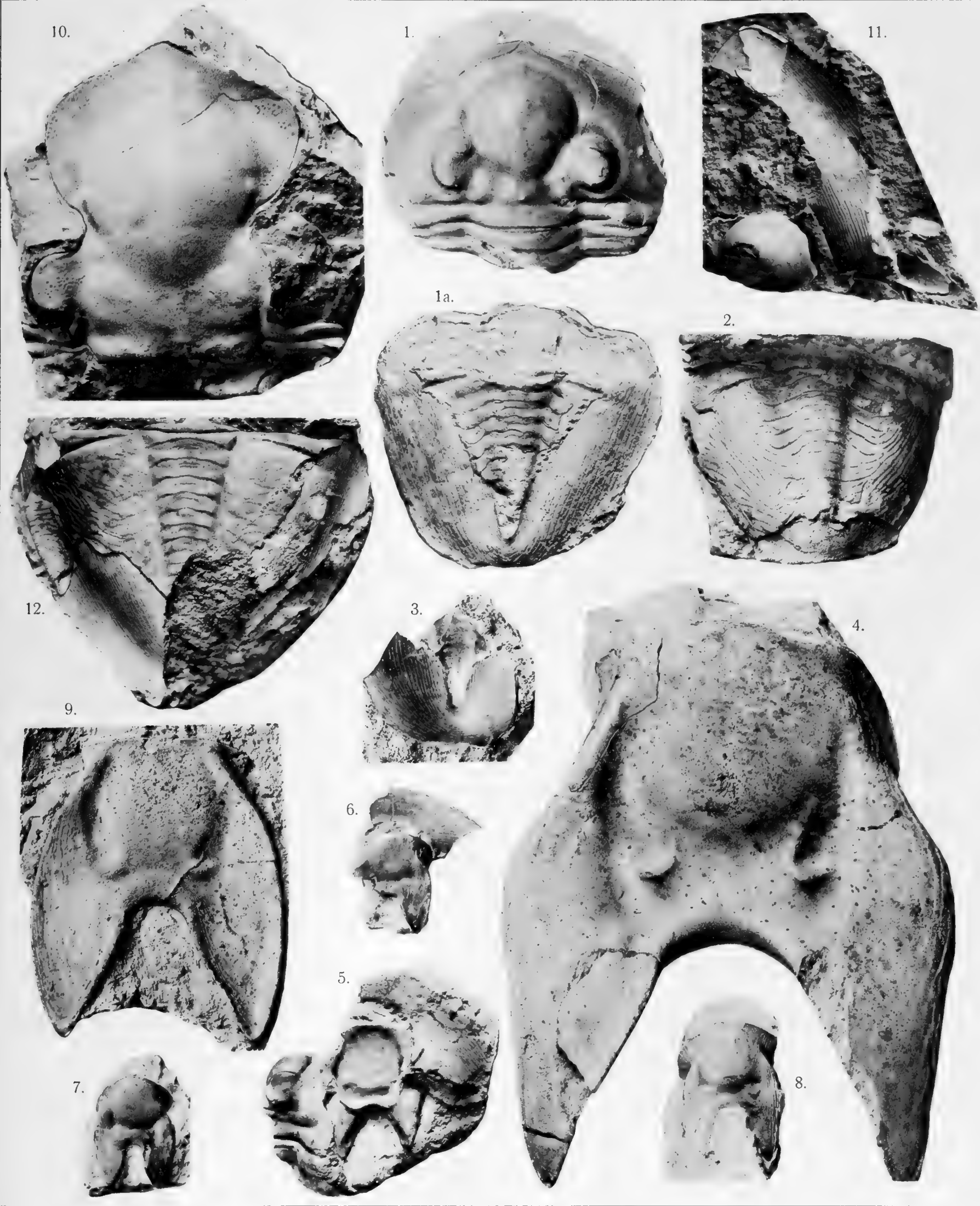
- F. 1. Vollständiges Exemplar des *Pseudasaphus tecticaudatus* vom Laaksberge bei Reval (C_{1b}). In 1a das Pygidium besonders dargestellt. Besondere Darstellung der Thoraxpleuren (1b).
- F. 2. Seitenansicht eines Exemplars des *P. tecticaudatus*, noch der var. *praecurrens* nahestehend vom Glint bei Peuthof (C_{1a}). F. 2a. Pygidium des nämlichen Exemplars von oben. Sammlung der Jurjewer (Dorpater) Naturforschergesellschaft, von N. v. Seidlitz gefunden.
- F. 3. Typisches Exemplar der var. *praecurrens* des *P. tecticaudatus* von Archangelskoje am Wolchow, aus dem Grenzgebiet von B_{3b} und C_{1a} . Geologisches Museum der St. Petersburger Universität, gesammelt von W. Lamanski.
- F. 4. Grosses Exemplar des echten *P. tecticaudatus* von Dubowiki am Wolchow (C_{1a}), Geschenk des Herrn Prof. Lahusen.
- F. 5. Pygidium der nämlichen Art von Kosse (C_2) bei Baltischport.
- F. 6. Pygidium der nämlichen Art mit Randsaum von Kuckers (C_2).
-



Tab. III.

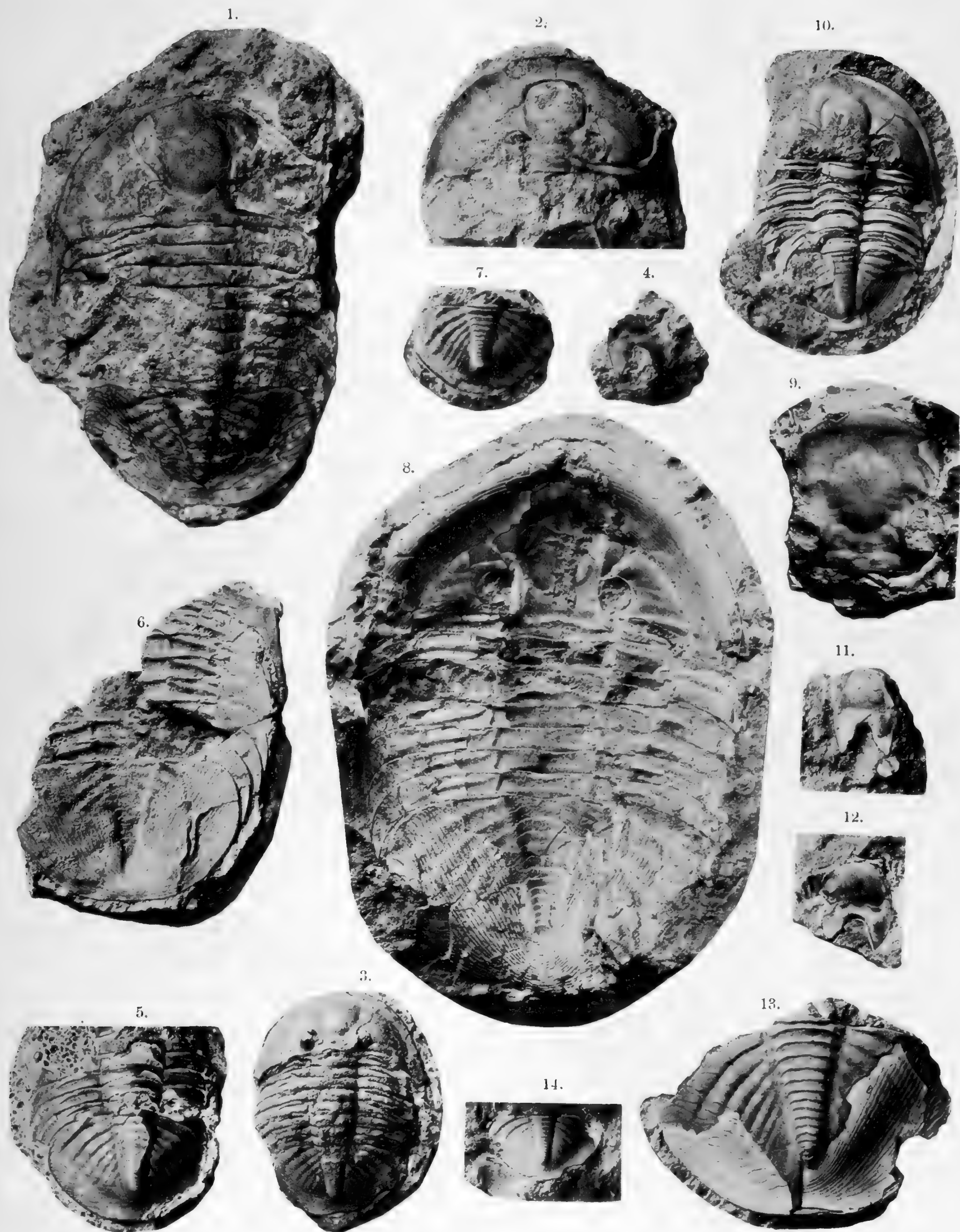
Pseudasaphus tecticaudatus Steinh. sp.

- F. 1. Zusammengerolltes Exemplar von Katlino (C_{1a}) bei Pawlowsk, vom Kopf und in F. 1a vom Pygidium gesehn (Volborth'sche Sammlung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften).
 - F. 2. Pygidium mit stark hervortretenden Terrassenlinien, von Gostilzy (C_{1a}), aus der Plautin'schen Sammlung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften).
 - F. 3. Innenseite eines Pygidiums von Baltischport (C_{1a}), von Ingenieur A. Mickwitz gesammelt.
 - F. 4. Grosses Hypostoma von Tischer bei Reval (C_{1b}), von Baron Fr. Rosen 1857 gefunden, jetzt in der geologischen Sammlung der Universität zu Jurjew (Dorpat).
 - F. 5. Innenansicht eines Hypostoma aus der Umgebung von Pawlowsk, wahrscheinlich Katlino (C_{1a}), enthalten in der Volborth'schen Sammlung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.
 - F. 6. Hypostoma von Katlino (C_{1a}), mit dem vordern Kopfschlag, aus der Plautin'schen Sammlung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.
 - F. 7. Anderes Hypostoma ebendaher, aus der nämlichen Sammlung.
 - F. 8. Hypostoma von Odensholm (C_{1b}), aus dem geologischen Cabinet der Universität Jurjew (Dorpat).
 - F. 9. Hypostoma von Archangelskoje am Wolchow (B_{3b} — C_{1a}), vielleicht noch zur var. *praecurrens* gehörig.
 - F. 10. Glabella von *P. tecticaudatus*, mit starken Dorsalfurchen am Grunde, aus Kuckers (C_2). Vielleicht einer neuen Varietät angehörig.
 - F. 11. Umschlag des Kopfes derselben Art, ebendaher.
 - F. 12. Pygidium des *Ps. tecticaudatus*, mit Terrassenlinien am Umschlag, die zwischen sich feine Querstreifung zeigen. Geschiebe aus C_2 von Wesenberg, von Prof. Ramann gefunden. Gegenwärtig im Museum der Forstakademie von Eberswalde bei Berlin.
-



Tab. IV.

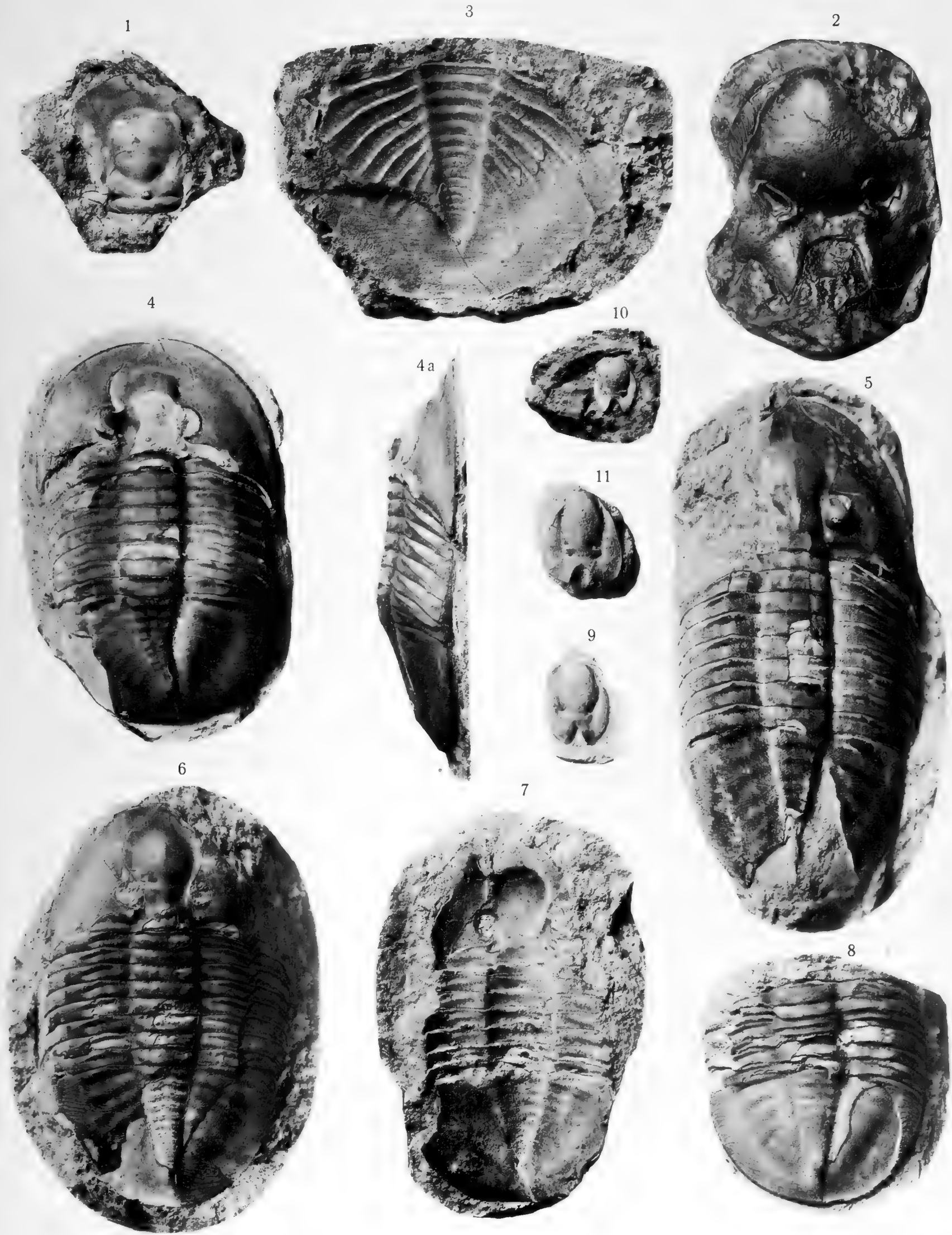
- F. 1—7. *Basilicus Lawrowi* F. Schm.; F. 8—13. *Basilicus kuckersianus* F. Schm.
- F. 1. *Basilicus Lawrowi* von Gostilzy (C_{1a}) aus der Plautin'schen Sammlung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.
- F. 2. Die nämliche Art mit dem Kopfumschlage. Ebendaher.
- F. 3. Kleines Exemplar, ebendaher, aus der nämlichen Sammlung, mit erhaltenen Augen.
- F. 4. Theilweise erhaltenes Hypostoma der nämlichen Art, ebendaher.
- F. 5. Pygidium und hinterer Theil des Thorax mit wohlerhaltenen Seitenrippen und Andeutungen des Umschlags, von Baltischport (C_{1a}), gefunden von A. Mickwitz. Doppelte Grösse.
- F. 6. Innere Ansicht des Thorax und Pygidiums derselben Art, mit erhaltenem Umschlag der Thoraxpleuren und des Pygidiums. Ropscha (C_{1a}) aus der Volborth'schen Sammlung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.
- F. 7. Pygidium derselben Art von Odensholm (C_{1b}), aus der Sammlung des geologischen Cabinets der St. Petersburger Universität. Von Eichwald vielleicht nicht mit Unrecht als *Ptychopyge applanata* Ang. bestimmt. Auch hier die convergirenden Furchen als Andeutungen des Umschlags deutlich.
- F. 8. Innere Ansicht eines grossen vollständigen Exemplars des *Basilicus kuckersianus* von Kuckers (C_2).
- F. 9. Wohlerhaltenes Mittelschild des Kopfes der nämlichen Art, von Kuckers (C_2).
- F. 10. Kleines, fast vollständiges Exemplar, der nämlichen Art, ebendaher. Die Gesichtslinien vorn deutlich.
- F. 11, 12. Hypostomen der nämlichen Art von Kuckers (C_2).
- F. 13, 14. Pygidien der nämlichen Art, ebendaher (C_2).
-





Tab. V.

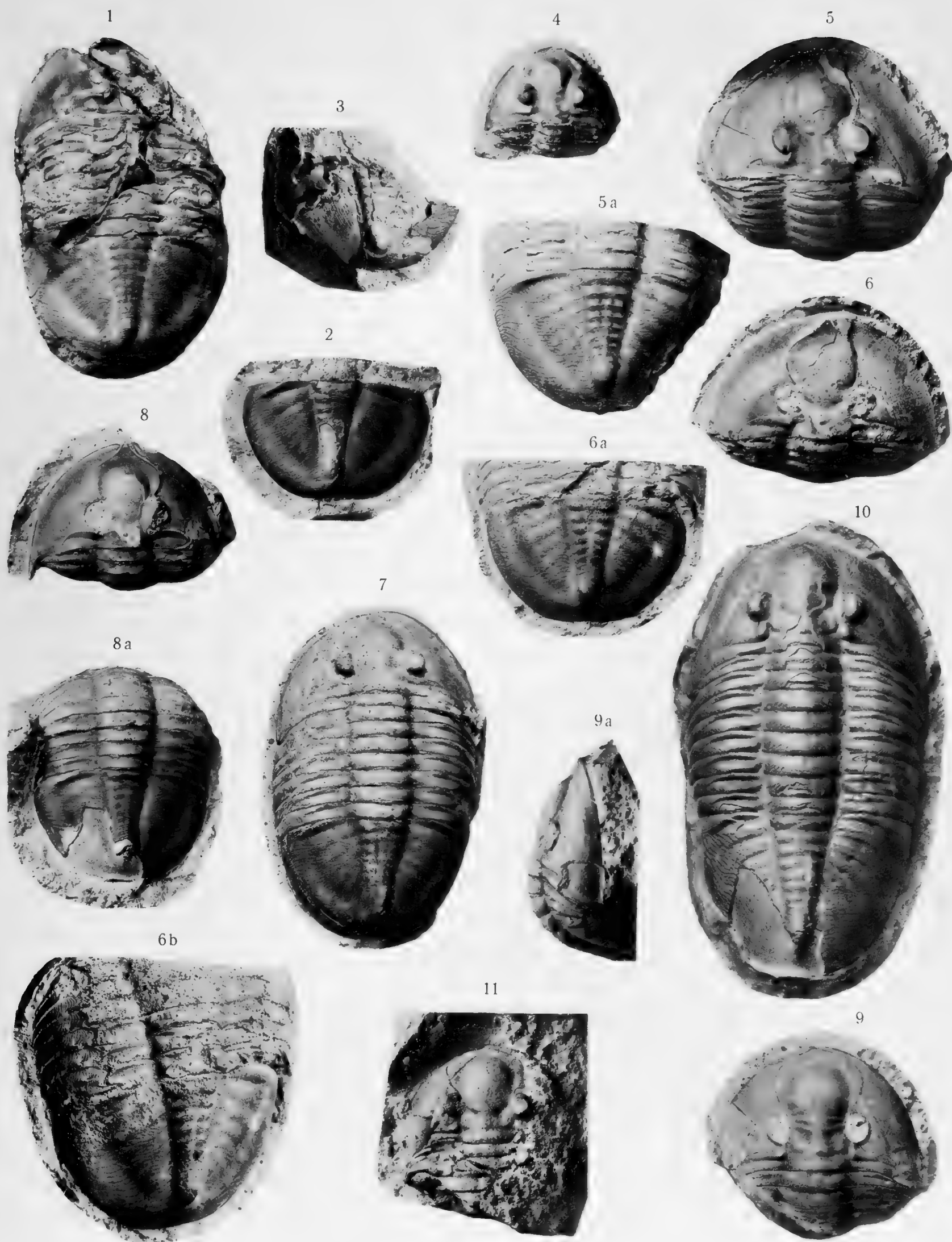
- F. 1—3. *Basilicus kegelensis* F. Schm.; F. 4—10. *Ptychopyge angustifrons* Dalm.
F. 1. Mittelschild des Kopfes von *Basilicus kegelensis* F. Schm. von Kegel (D_2).
F. 2. Hypostoma derselben Art, ebendaher.
F. 3. Pygidium derselben Art, ebendaher.
F. 4. Typisches Exemplar von *Ptychopyge angustifrons* von Iswos am Wolchow (B_{2b} oder nach Lamanski $BIII\alpha$) von oben, F. 4a von der Seite.
F. 5. Gestrecktere Form derselben Art von Simonkowa am Wolchow ($BIII\beta$) aus dem geologischen Cabinet der St. Petersburger Universität, ges. von W. Lamanski.
F. 6. *Ptychopyge angustifrons* var. *gladiifera* F. Schm. von Iswos am Wolchow (B_{2b} oder $BIII\alpha$).
F. 7. Innere Ansicht eines ganzen Exemplars von *Ptychopyge angustifrons* aus den Steinbrüchen von Iswos am Wolchow (B_{2b}).
F. 8. Pygidium mit Umschlag und Theil des Thorax der nämlichen Art, von Obuchowo am Wolchow (B_{2b}).
F. 9. Hypostoma der nämlichen Art von Obuchowo am Wolchow (B_{2b}).
F. 10. Anderes Hypostoma der nämlichen Art aus den Putilow'schen Brüchen (B_{2b}).
F. 11. Hypostoma einer abweichenden ältern *Ptychopyge*-Art aus dem silurischen Grünsande (B_{1b}) von der Popowka bei Pawlowsk (Volborth'sche Sammlung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften).
-



Lith. v. R. Koch. St. Petersburg.

Tab. VI.

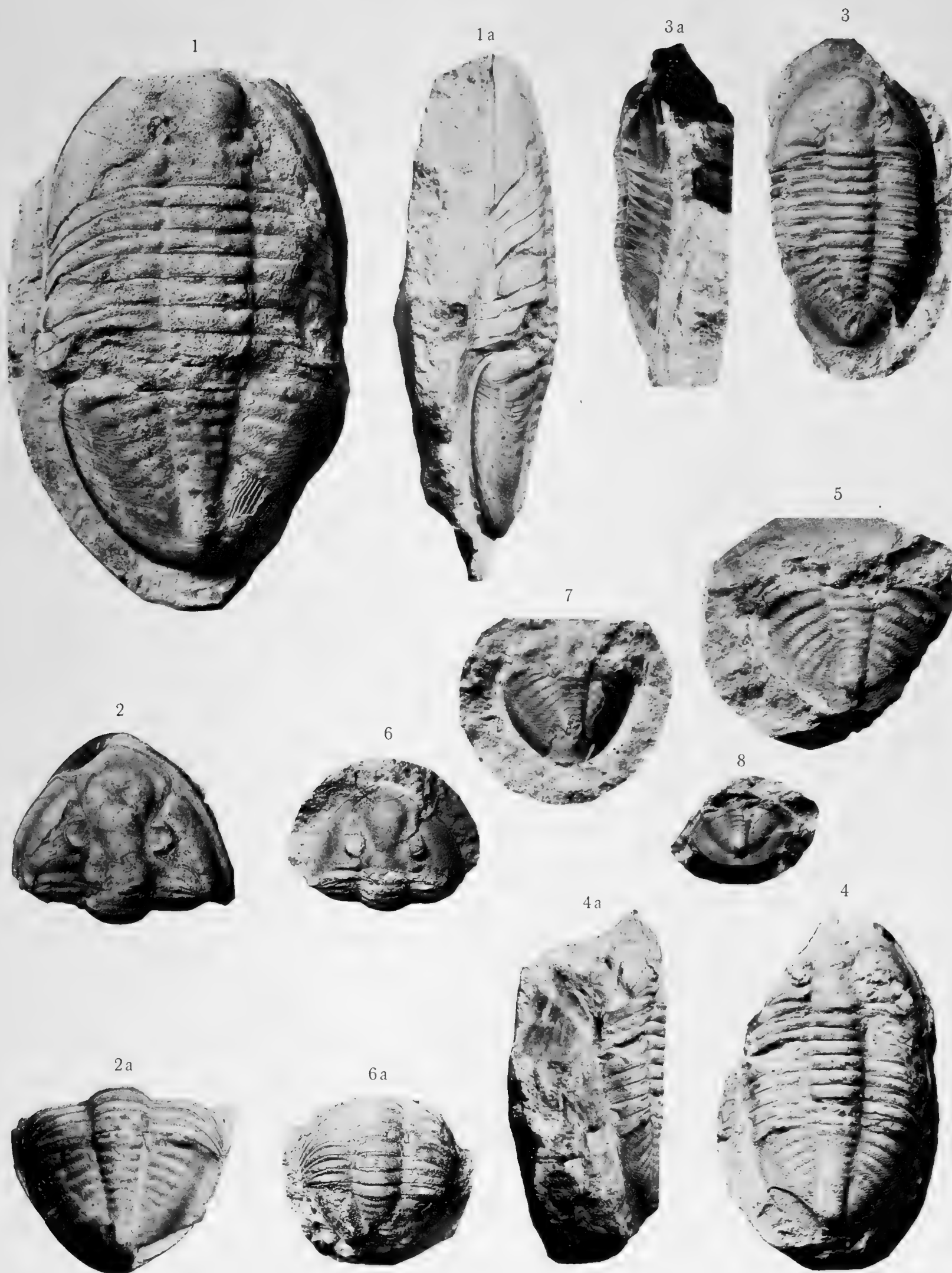
- F. 1—4. *Ptychopyge truncata* Nieszk. sp.; F. 5—8. *Ptychopyge truncata* var. *Bröggeri* F. Schm.; F. 9—11. *Ptychopyge Pahleni* F. Schm.
- F. 1. *Ptychopyge truncata* Nieszk. Originalexemplar aus dem Glauconitkalk am Isenhof'schen Bach bei Luggensusen. Sammlung der Jurjewer Naturforschergesellschaft.
- F. 2. Pygidium aus dem Glauconitkalk B_{2b} von Reval, gesammelt von Consul Stacy.
- F. 3. Pygidium ebendaher, mit theilweise fehlender Schaale, um die einfachen Umschlagsstreifen zu zeigen.
- F. 4. Kopfschild ebendaher.
- F. 5, 5a. *Ptychopyge truncata* var. *Bröggeri* von Obuchowo am Wolchow (B_{2b}).
- F. 6, 6a, 6b. Die nämliche Art ebendaher, in F. 6b links die Umschläge der Thoraxpleuren mit den Pander'schen Organen deutlich.
- F. 7. Die nämliche Art von Iswos am Wolchow aus der Stufe des *Asaphus lepidurus* $BII\gamma$ nach Lamanski.
- F. 7. Die nämliche Art von Obuchowo am Wolchow an der Grenze der Stufen $BII\gamma$ und $BIII\alpha$, auch in ihren Charakteren (so an der Glabella) eine Zwischenform zwischen *Ptychopyge truncata* und *angustifrons* bildend; die Umschlagsterrassenlinien am Pygidium noch einfach.
- F. 9, 9a. *Ptychopyge Pahleni* von Leppiko bei Leetz, aus dem Glauconitkalk (B_{2a}), von Baron Alex. Pahlen gefunden.
- F. 10. Nach einem Abdruck eines vollständigen Exemplars, ebendaher.
- F. 11. Kopfschild vermuthlich der nämlichen Art, von Reval, gesammelt von Plautin im untern Glauconitkalk des Laaksberges.
-





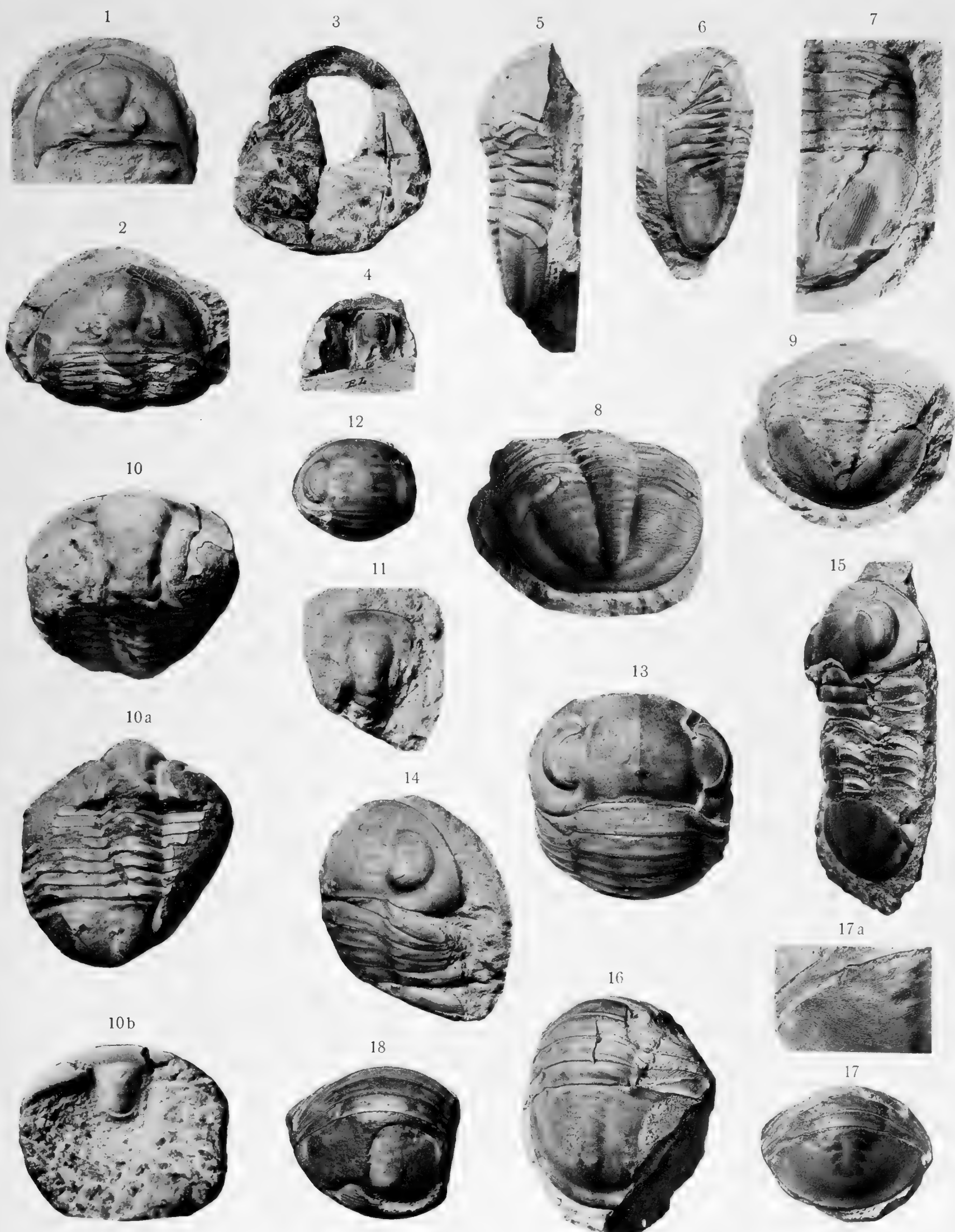
Tab. VII.

- F. 1, 1b. *Ptychopyge Knyrkoi* F. Schm. Von Obuchowo am Wolchow, aus der Stufe des *Asaphus expansus* B_{2h} oder $BIII\alpha$.
- F. 2, 2a. *Ptychopyge Wöhrmanni* F. Schm. Von Obuchowo am Wolchow, aus der Stufe des *Asaphus lepidurus*, $BII\gamma$ nach Lamanski.
- F. 3, 3a. *Ptychopyge Plautini* F. Schm. Aus dem Glauconitkalk (B_{2b}) von Joa Weske bei Palms, von Baron A. Pahlen gefunden.
- F. 4, 4a. *Ptychopyge Plautini* F. Schm. Aus den Putilow'schen Steinbrüchen von Gornaja Scheldicha. Gefunden von General Plautin ($BII\beta$ nach Lamanski).
- F. 5. Pygidium der nämlichen Art von Iswos am Wolchow ($BII\gamma$), von Plautin gefunden.
- F. 6. Ganzes Exemplar der nämlichen Art aus dem Glauconitkalk (B_{2b}) von Carrol. Von A. v. Wahl gefunden.
- F. 7. *Ptychopyge Pahleni* F. Schm. Pygidium von Leppiko bei Leetz (B_{2a}).
- F. 8. *Ptychopyge cincta* Br. Pygidium mit stark entwickelter Oberflächenzeichnung, von Iswos am Wolchow (p. 48) aus der Stufe $BIII\alpha$.
-



Tab. VIII.

- F. 1—9. *Ptychopyge cincta* Brögg.; F. 10. *Ogygia dilatata* var. *Panderi* F. Schm.;
F. 11. *Ogygia dilatata* var. *Plautini* F. Schm.; F. 12—18. *Nileus Armadillo*
Dalm.
- F. 1. *Ptychopyge cincta*, Kopfschild von Iswos am Wolchow, aus dem Niveau des *Asaphus expansus* (B_{2b} oder $B_{III\alpha}$).
- F. 2. Kopfschild der nämlichen Art, zum Theil mit sichtbarem Umschlag und einem Theil des Thorax, ebendaher aus gleichem Niveau.
- F. 3. Umschlag des Kopfes und F. 4 Hypostoma der nämlichen Art nach Originalen von Lindström aus dem Orthocerenkalk von Kungs Norby in Oestergötland. Von Prof. G. Holm aus dem schwedischen Reichsmuseum geliehen erhalten.
- F. 5 und 6. Seitenansichten des ganzen Trilobiten nach Stücken von Obuchowo am Wolchow (B_{2b}).
- F. 7. Theile des Thorax und Pygidiums mit Umschlag der Thoraxpleuren und den Pander'schen Organen. Ebenfalls von Obuchowo am Wolchow (B_{2b}).
- F. 8. Pygidium mit sehr feiner Oberflächenstreifung, aus den Putilow'schen Brüchen bei Gornaja Scheldicha (B_{2b}).
- F. 9. Pygidium mit vollständigem Umschlag, Iswos am Wolchow (B_{2b} oder $B_{III\alpha}$).
- F. 10, 10a, 10b. Ansichten vom Kopf, Thorax mit Beginn des Pygidiums und Kopfumschlag mit Hypostoma von *Ogygia dilatata* Sars var. *Panderi*, 3fach vergrößert, nach einem vermuthlich aus der Kuckers'schen Schicht stammenden Geschiebe der Pander'schen Sammlung.
- F. 11. *Ogygia dilatata* Sars var. *Plautini*. Mittelschild des Kopfes vom Reval'schen Laaksberge (C_{1b} — C_2), von General Plautin gefunden.
- F. 12. *Nileus Armadillo* Dalm., etwas vergrößert, aus der Volborth'schen Sammlung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, von der Popowka bei Pawlowsk (B_{2b}).
- F. 13. Kopfschild der nämlichen Art, mit Kiel auf der Glabella, ebendaher, in doppelter Grösse.
- F. 14. Seitenansicht vom Kopf und Thorax der nämlichen Art, ebendaher, etwas vergrößert.
- F. 15. Vollständiges Exemplar der nämlichen Art mit deutlichem Umschlag der Thoraxpleuren, aus dem norwegischen Orthocerenkalk von Christiania, von Prof. Holm erhalten.
- F. 16. Thorax und Pygidium der nämlichen Art vom Hunneberg am Westergötland, aus der Sammlung von G. v. Helmersen (1845).
- F. 17, 17a. Pygidium von der Popowka aus der Volborth'schen Sammlung (B_{2b}), mit den feinen Querstreifen, in der vergrößerten Figur 17a sichtbar.
- F. 18. Pygidium aus der Volborth'schen Sammlung von der Popowka (B_{2b}), mit sichtbarem Umschlag am Hinterrande.
-



ERNST MAYR LIBRARY



3 2044 114 267 396

